ИЗ НАСЛЕДИЯ МИРОВОЙ ФИЛОСОФСКОЙ МЫСЛИ



П. Дюгем

ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

ЕЕ ЦЕЛЬ И СТРОЕНИЕ

URSS

ИЗ НАСЛЕДИЯ МИРОВОЙ ФИЛОСОФСКОЙ МЫСЛИ

ФИЛОСОФИЯ
НАУКИ

Пьеръ Дюгемъ.

Физическая теорія.

ЕЯ ЦѢЛЬ И СТРОЕНІЕ.

П. Дюгем

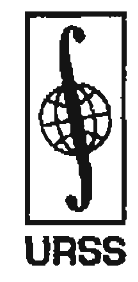
ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

ЕЕ ЦЕЛЬ И СТРОЕНИЕ

Перевод с французского
Г. А. Котляра

Предисловие
Э. Маха

Издание второе, стереотипное



URSS

МОСКВА

ББК 22.1ф 87.1

Дюгем Пьер

Физическая теория. Ее цель и строение: Пер. с фр. / Предисл. Э. Маха. Изд. 2-е, стереотипное. — М.: КомКнига, 2007. — 328 с. (Из наследия мировой философской мысли: философия науки.)

В книге известного французского физика и философа П. Дюгема (1861–1916) проводится логический анализ метода, на основе которого развивается физика. Автор показывает, как физическая теория из мнимого объяснения на основе более или менее научной метафизики превращается в выведенную из немногих принципов систему математических положений, описывающих и классифицирующих данные опыта. Рассматриваемые утверждения иллюстрируются примерами из истории науки. Книга, явившаяся итогом двадцатилетней работы П. Дюгема, стала классическим трудом в области философии естествознания.

Рекомендуется философам, методологам и историкам науки, а также всем, кто интересуется философскими и методологическими проблемами.

Издательство выражает глубокую признательность Илье Никифорову, который предоставил для переиздания раритетные книги из своей личной библиотеки. Эти издания, сохранившие свою актуальность, стали библиографической редкостью.

Настоящая книга была предложена к изданию Ильей Никифоровым.

Издательство «КомКнига». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9.
Формат 60×90/16. Печ. л. 20,5. Зак. № 699.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 11А, стр. 11.

13-значный ISBN, вводимый с 2007 г.:
ISBN 978–5–484–00666–3
Соотв. 10-значный ISBN, применяемый до 2007 г.:
ISBN 5–484–00666–X





Предисловіе къ нѣмецкому изданію.

Авторъ настоящей книги, Пьеръ Дюгемъ, профессоръ теоретической физики при университетѣ въ Бордо, извѣстенъ своими работами во всѣхъ областяхъ теоретической физики и химіи, своими изслѣдованіями по древней исторіи физики и въ особенности своими работами о Леонардо-да-Винчи и его отношеніяхъ къ предшествующимъ и послѣдующимъ ученымъ. Слава его такъ велика, что сочиненія его, казалось бы, въ особой рекомендаціи не нуждаются.

Тѣмъ не менѣе, когда д-ръ Фридрихъ Адлеръ приступилъ къ переводу книги Дюгема «La theorie phisique, son objet et sa structure», я охотно согласился на предложеніе издателя снабдить переводъ моимъ предисловіемъ, чтобы отрекомендовать автора читающей публикѣ въ Германіи. Сдѣлалъ я это потому, что въ этой книгѣ мы имѣемъ своеобразную философскую работу или, точнѣе, работу по теоріи познанія, въ вопросахъ которой авторъ—въ виду всей его многосторонней предшествующей научной работы—вполнѣ компетентенъ.

Авторъ показываетъ намъ, какъ физическая теорія изъ мнимаго объясненія на основѣ вульгарной или болѣе или менѣе научной метафизики постепенно превращается въ покоющуюся на немногихъ принципахъ систему математическихъ положеній, экономически описывающихъ и классифицирующихъ данныя опыта. И дѣлаетъ онъ это не сухо и абстрактно, а постоянно освѣщая свое изложеніе живыми фактами изъ исторіи нашей науки. При этомъ образъ, служащій для объясненія, многократно мѣняется, пока онъ, наконецъ, не отпадаетъ совершенно, между тѣмъ какъ описывающая часть входитъ въ новую болѣе совершенную теорію почти въ неизмѣненномъ видѣ. Противопоставленіе Декарта и Лапласа съ одной стороны и Паскаля и Ампера—съ другой рисуетъ намъ послѣднихъ на болѣе высокомъ уровнѣ философскаго пониманія. Естественно, что индивидуальность изслѣдователей имѣетъ значительное вліяніе на историческое развитіе науки. Этотъ фактъ иллюстрируется интересными разсужденіями на тему о противоположности между умами широкими и глубокими, о моделяхъ и логически построенныхъ теоріяхъ, объ англійской школѣ съ одной стороны и французской и нѣмецкой—съ другой. Модель, какъ и образъ, Дюгемъ

разсматриваетъ, какъ паразитическое растеніе. Что Дюгемъ здѣсь заходитъ, повидимому, слишкомъ далеко и въ чемъ именно онъ слишкомъ далеко заходитъ, я изложилъ въ другомъ мѣстѣ *).

За первой, общей частью слѣдуетъ вторая часть книги, въ которой подробно разбирается особое строеніе физической теоріи. Здѣсь разбираются понятія количества, качества, числа, величины и интенсивности. Стремленіе Галилея и Декарта изгнать качества изъ математической физики здѣсь снова выясняется и живо иллюстрируется на историческихъ примѣрахъ. Число первичныхъ качествъ не можетъ быть увеличено по произволу, ибо иначе всякая наука станетъ иллюзорной. Но оно не можетъ быть и ограничено по произволу, а всѣ первичныя качества должны разсматриваться, какъ нѣчто, которое покуда, въ настоящее время ни къ чему иному сведено быть не можетъ. Въ электродинамическомъ вращеніи Фарадея Амперъ съ перваго взгляда распознаетъ нѣчто такое, что не можетъ быть сведено къ электростатическимъ силамъ и открываетъ въ немъ новое первичное качество. Важно здѣсь настойчивое указаніе на тѣсную неразрывную связь между экспериментомъ и теоріей. Положенія теоріи должны быть логически правильны, свободны отъ внутреннихъ противорѣчій и во всей своей совокупности находиться въ полномъ согласіи съ экспериментомъ. Въ виду ограниченной точности наблюденія, изъ-за которой одной теоретической величинѣ можетъ соотвѣтствовать множество экспериментальныхъ величинъ, каждый теоретическій законъ сохраняетъ свою силу лишь на время. Поучительно указаніе на примѣры математическихъ теорій, которыя экспериментально вообще не поддаются провѣркѣ. Авторъ приходитъ къ тому выводу, что преподаваніе не можетъ быть ни чисто дедуктивнымъ, ни чисто индуктивнымъ. Лучшее изложеніе есть изложеніе историческое, примыкающее къ ходу развитія самой науки, основныя допущенія (гипотезы) которой не были выдуманы или выбраны произвольно, а, развиваясь постепенно, оказывались навязанными научнымъ изслѣдователямъ.

Пожелаемъ книгѣ успѣха, какого она заслуживаетъ, пусть внесетъ она свѣтъ и знаніе въ умы читателей.

Вѣна, ноябрь, 1907 г. Dr Ernst Mach

---

*) См. Механика. Переводъ Г. Котляра, добавл. 2, стр. 429. Прим. пер.

Предисловіе автора.

Задача настоящей книги дать простой логическій анализъ метода, на основѣ котораго развивается наука физики. Возможно, что найдутся читатели, которые захотятъ распространить изложенные здѣсь взгляды и на другія науки, кромѣ физики. Можетъ быть, они пожелаютъ даже сдѣлать тѣ или другіе выводы, относящіеся къ спеціальной области логики. Но мы тщательно остерегались того или другого обобщенія. Мы поставили тѣсныя границы нашимъ изслѣдованіямъ, чтобы имѣть возможность эту ограниченную нами область подвергнуть изслѣдованію возможно болѣе полному.

Прежде чѣмъ воспользоваться какимъ-нибудь инструментомъ для изслѣдованія того или другого явленія, добросовѣстный экспериментаторъ разбираетъ его, изслѣдуетъ каждую его часть, изучаетъ его функцію и подвергаетъ его различнымъ испытаніямъ. Послѣ этого онъ точно знаетъ, что значатъ его показанія, каковы предѣлы точности ихъ, и онъ можетъ пользоваться имъ съ увѣренностью.

Вотъ такимъ же образомъ мы анализировали физическую теорію. Прежде всего мы попытались установить съ точностью ц ѣ л ь ея. Познакомившись съ этой цѣлью, мы разсмотрѣли ея с т р о е н і е. Мы изучили одинъ за другимъ механизмъ каждой изъ операцій, которыми она строится, и показали, какимъ образомъ каждая изъ нихъ содѣйствуетъ достиженію цѣли теоріи.

Мы старались каждое изъ нашихъ утвержденій иллюстрировать примѣрами, избѣгая прежде всего разсужденій, не касающихся непосредственно дѣйствительности.

Къ тому же изложенное въ настоящей книгѣ ученіе вовсе не есть какая-нибудь логическая система, плодъ однихъ размышленій, основанныхъ на какихъ нибудь общихъ идеяхъ; оно не основано на размышленіяхъ, враждебныхъ отдѣльнымъ конкретнымъ фак-

тамъ дѣйствительности. Повседневная практика науки—вотъ источникъ, которому она обязана своимъ происхожденіемъ, вотъ откуда она развилась.

Нѣтъ почти ни одной главы теоретической физики, которой мы не изучали бы детально. Нѣтъ почти ни одной, на развитіе которой мы не тратили бы свои силы многократно. Изложенныя въ настоящей книгѣ идеи о цѣли и строеніи физической теоріи представляютъ собою плодъ этой 20-ти лѣтней работы и въ этой долголѣтней работѣ мы успѣли убѣдиться въ правильности и плодотворности нашихъ идей.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

ЦѢЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРІИ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Физическая теорія и метафизическое объясненіе.

§ 1.—Физическая теорія, какъ объясненіе.

Первый вопросъ, съ которымъ мы здѣсь сталкиваемся, гласитъ: какова цѣль всякой физической теоріи? Существуютъ на этотъ вопросъ различные отвѣты. Если классифицировать ихъ, то они всѣ могутъ быть сгруппированы въ двѣ главныя группы:

Всякая физическая теорія, отвѣчаютъ извѣстные логики, имѣетъ цѣлью объясненіе извѣстной группы законовъ, обоснованныхъ экспериментально.

Всякая физическая теорія, говорятъ другіе мыслители, есть абстрактная система, имѣющая цѣлью резюмировать и логически классифицировать группу экспериментальныхъ законовъ, не претендуя на объясненіе ихъ.

Разсмотримъ послѣдовательно каждый изъ этихъ двухъ отвѣтовъ и посмотримъ, какіе доводы, приводимые въ пользу каждаго изъ нихъ, мы можемъ принять и какіе мы должны отвергнуть. Начнемъ съ перваго отвѣта, съ того, въ которомъ физическая теорія разсматривается, какъ объясненіе.

Но прежде всего, что такое объясненіе? Объяснять (explicare) значитъ обнажать реальность отъ ея явленій, что обволакиваютъ ее какимъ то флеромъ, чтобы видѣть эту реальность обнаженной и лицомъ къ лицу.

Наблюденіе физическихъ явленій приводитъ насъ въ соприкосновеніе не съ реальностью, которая скрывается подъ чувственными ея проявленіями, а только съ этими явленіями, взятыми въ формѣ частной и конкретной. Экспериментальные законы не имѣютъ своимъ предметомъ матеріальную реальность; они трактуютъ объ этихъ же чувственныхъ проявленіяхъ, взятыхъ, правда, въ формѣ абстрактной и общей. Обнажая, сдирая покровъ съ этихъ чувственныхъ явленій, теорія ищетъ въ нихъ и подъ ними то, что есть въ нихъ реальнаго.

Допустимъ, что раздались звуки на струнныхъ и духовыхъ инструментахъ. Мы внимательно вслушивались, слышали, какъ они

усиливались или ослабѣвали, становились громче или тише, измѣнялись на тысячу ладовъ, вызывая въ насъ слуховыя ощущенія, музыкальныя эмоціи: вотъ факты акустическіе.

Эти ощущенія—вещи частныя и конкретныя. Но нашъ интеллектъ, слѣдуя законамъ, регулирующимъ его функцію, подвергъ ихъ извѣстной переработкѣ, въ результатѣ чего мы обладаемъ понятіями общими и абстрактными: интенсивности звуковъ, высоты ихъ, октавы, мажорнаго или минорнаго аккорда, тембра и т. д. Экспериментальные законы акустики устанавливаютъ опредѣленныя связи между этими и другими понятіями, равно абстрактными и общими. Законъ, напримѣръ, устанавливаетъ, какое существуетъ отношеніе между длинами двухъ струнъ изъ одного и того же металла, дающихъ два звука одной и той же высоты или два звука, изъ которыхъ одинъ составляетъ октаву другого.

Но эти абстрактныя понятія—интенсивность звука, высота, тембръ его—представляютъ только для нашего ума общіе признаки нашихъ слуховыхъ воспріятій. Они знакомятъ его со звукомъ такимъ, какимъ онъ является по отношенію къ намъ, но не такимъ, какой онъ есть самъ по себѣ, въ звучащихъ тѣлахъ. Задача акустическихъ теорій познакомить насъ съ дѣйствительностью, по отношенію къ которой наши ощущенія являются только чѣмъ то внѣшнимъ, наружнымъ, скрывающимъ ее отъ насъ. Онѣ учатъ насъ, что тамъ, гдѣ наши воспріятія улавливаютъ только это проявленіе, которое мы называемъ звукомъ, въ дѣйствительности имѣется нѣкоторое колебательное движеніе, весьма малое и весьма быстрое; что интенсивность и высота представляютъ собою не что иное, какъ только внѣшнее проявленіе амплитуды и числа колебаній этого движенія; что тембръ есть доступное воспріятію проявленіе реальной структуры этого движенія, сложное ощущеніе, являющееся результатомъ различныхъ колебательныхъ движеній, на которыя можно разложить это движеніе. Ясно, что теоріи акустическія суть объясненія.

Объясненіе, которое акустическія теоріи даютъ экспериментальнымъ законамъ, регулирующимъ звуковыя явленія, болѣе или менѣе достовѣрно: въ большомъ числѣ случаевъ мы можемъ видѣть своими глазами, осязать своими руками тѣ движенія, которымъ онѣ приписываютъ эти явленія.

Въ большинствѣ случаевъ физическая теорія не достигаетъ этой степени совершенства. Она не можетъ остановиться на какомъ нибудь достовѣрномъ объясненіи чувственныхъ явленій.

Объявляя о дѣйствительности, которая скрывается позади этихъ явленій, она не можетъ сдѣлать ее доступной нашимъ чувствамъ. Она удовлетворяется тогда доказательствомъ того, что всѣ наши воспріятія образуются такъ, какъ будто бы дѣйствительность была такой, какой она ее объявляетъ. Такая теорія представляетъ собой объясненіе гипотетическое.

Возьмёмъ, напримѣръ, совокупность явленій, наблюдаемыхъ при посредствѣ чувства зрѣнія. Научный анализъ этихъ явленій заставляетъ насъ составить себѣ извѣстныя понятія, абстрактныя и общія, характеризующія признаки, которые мы находимъ во всякомъ свѣтовомъ воспріятіи: цвѣтъ, простой или сложный, яркость и т. д. Экспериментальные законы оптики знакомятъ насъ съ тѣми отношеніями, которыя существуютъ между этими абстрактными и общими понятіями и другими аналогичными понятіями. Одинъ законъ, напримѣръ, устанавливаетъ отношеніе, существующее между интенсивностью желтаго свѣта, отраженнаго тонкой пластинкой, и толщиной этой пластинки, какъ и угломъ паденія лучей, которые ее освѣщаютъ.

Этимъ законамъ, установленнымъ на опытѣ, волнообразная теорія свѣта даетъ гипотетическое объясненіе. Она предполагаетъ, что всѣ тѣла, которыя мы видимъ, чувствуемъ, которыя имѣютъ вѣсъ, находятся въ средѣ, недоступной нашимъ чувствамъ и невѣсомой, которую она называетъ эфиромъ. Этому эфиру она приписываетъ извѣстныя механическія свойства. Она принимаетъ, что всякій простой свѣтъ есть поперечное колебательное движеніе, весьма малое и быстрое, этого эфира. Число колебательныхъ движеній въ секунду, какъ и размахъ ихъ, характеризуютъ цвѣтъ этого свѣта и его яркость. И хотя мы не можемъ съ ея помощью воспринять эфира, ни даже видѣть воочію это колебательное движеніе, она тѣмъ не менѣе доказываетъ, что постулаты ея влекутъ за собою послѣдствія, вполнѣ совпадающія съ законами, которые устанавливаетъ намъ экспериментальная оптика.

§ II.—Согласно изложенному мнѣнію, теоретическая физика подчинена метафизикѣ.

Если физическая теорія есть объясненіе, то она не достигла своей цѣли, пока она не исключила совершенно чувственное явленіе, чтобы достичь физической реальности. Такъ, напримѣръ, изслѣдованія Ньютона явленій свѣторазсѣянія научили насъ разлагать

ощущеніе, которое вызываетъ въ насъ свѣтъ того рода, какимъ его испускаетъ солнце. Они научили насъ, что этотъ свѣтъ сложенъ что онъ состоитъ изъ извѣстнаго числа болѣе простыхъ видовъ свѣта, опредѣленнаго и неизмѣннаго цвѣта. Но этотъ свѣтъ простой или монохроматическій есть абстрактное и общее представленіе извѣстнаго ощущенія; это еще—чувственное явленіе. Мы разложили явленіе болѣе сложное на другія явленія, болѣе простыя, но мы не достигли реальности, мы не дали объясненія цвѣтовымъ эффектамъ, мы не конструировали оптической теоріи.

Такимъ образомъ для того, чтобы судить, образуетъ ли группа положеній физическую теорію или нѣтъ, мы должны разсмотрѣть, какую роль играютъ понятія, которыя эти положенія связываютъ воедино: если они въ формѣ абстрактной и общей выражаютъ элементы, изъ которыхъ состоятъ въ дѣйствительности вещи матеріальнаго міра, то это будетъ физическая теорія; если же они выражаютъ только общіе признаки нашихъ воспріятій, то это не физическая теорія.

Чтобы такая провѣрка имѣла смыслъ, чтобы можно было предпринять ее, необходимо прежде всего согласиться съ слѣдующимъ утвержденіемъ: среди чувственныхъ явленій, которыя даны намъ въ нашихъ воспріятіяхъ, есть нѣкоторая реальность, которая отъ этихъ явленій отличается.

Разъ вы согласились съ этимъ положеніемъ—а только согласившись съ нимъ, вы вообще можете думать о физическомъ объясненіи—то для того, чтобы распознать, что вы дѣйствительно достигли подобнаго объясненія, вы должны предварительно рѣшить другой еще вопросъ, а именно: какова природа тѣхъ элементовъ, изъ которыхъ состоитъ матеріальная реальность?

Но тутъ могутъ возникнуть слѣдующіе два вопроса:

Существуетъ ли вообще матеріальная реальность, отличная отъ чувственныхъ явленій?

Какова природа этой реальности?

Эти два вопроса не могутъ быть рѣшены методомъ экспериментальнымъ: этотъ методъ знаетъ только чувственныя явленія и ничего открыть не можетъ, что выходитъ за предѣлы ихъ. Рѣшеніе этихъ вопросовъ выходитъ за предѣлы методовъ, основанныхъ на наблюденіи,—методовъ, которыми пользуется физика; это уже дѣло метафизики.

Такимъ образомъ, если физическія теоріи имѣютъ предметомъ своимъ объясненіе эксперименталь-

ныхъ законовъ, то теоретическая физика не есть наука автономная, а она подчинена метафизикѣ.

§ III.—Если изложенное мнѣніе вѣрно, то цѣнность физической теоріи зависитъ отъ метафизической системы, которую человѣкъ признаетъ.

Положенія, образующія въ своей совокупности науки чисто математическія, въ наибольшей степени представляютъ собой истины, встрѣчающія общее признаніе; точность выраженія, строгая послѣдовательность доказательствъ не оставляютъ мѣста ни малѣйшему разногласію, ни малѣйшему различію между точками зрѣнія различныхъ математиковъ. На протяженіи вѣковъ ученія эти развиваются непрерывно и ни одинъ дальнѣйшій шагъ впередъ не колеблетъ пріобрѣтеній, сдѣланныхъ когда-либо раньше.

Нѣтъ ни одного мыслителя, который не пожелалъ бы столь же регулярнаго и мирнаго развитія и той наукѣ, которой онъ посвятилъ свои силы. Но если есть наука, по отношенію къ которой это желаніе представлялось бы наиболѣе основательнымъ, то это теоретическая физика: вѣдь, среди всѣхъ научныхъ областей она всего меньше, безъ сомнѣнія, отличается отъ алгебры и геометріи.

Но ставить физическія теоріи въ зависимость отъ метафизики врядъ ли представляется пригоднымъ средствомъ для того, чтобы обезпечить за ними всеобщее признаніе. Въ самомъ дѣлѣ, какъ бы благосклонно тотъ или другой философъ ни смотрѣлъ на цѣнность методовъ, служащихъ для рѣшенія проблемъ метафизическихъ, онъ не сможетъ отрицать слѣдующаго факта: обозрѣвая области, въ которыхъ проявляется и работаетъ духъ человѣческій, вы ни въ одной изъ нихъ не найдете той ожесточенной борьбы между системами различныхъ эпохъ или системами одной и той же эпохи, но различныхъ школъ, того стремленія возможно глубже и рѣзче отграничиться другъ отъ друга, противопоставить себя другимъ, какія существуютъ въ области метафизики.

Если бы физика должна была быть подчинена метафизикѣ, то и споры, существующіе между различными метафизическими системами, должны были бы быть перенесены и въ область физики. Физическая теорія, удостоившаяся одобренія всѣхъ послѣдователей одной метафизической школы, была бы отвергнута послѣдователями другой школы.

Разсмотримъ, напримѣръ, дѣйствія, которыя оказываетъ магнитъ на желѣзо, и допустимъ на моментъ, что мы перипатетики.

Чему насъ учитъ метафизика Аристотеля относительно дѣйствительной природы тѣлъ? Всякая субстанція и въ частности всякая матеріальная субстанція есть плодъ соединенія двухъ элементовъ, одного постояннаго—матеріи, и другого перемѣннаго—формы. На основаніи постоянства его матеріи кусокъ желѣза, который я разсматриваю, остается всегда, при всѣхъ условіяхъ тѣмъ же кускомъ желѣза. На основаніи же измѣненій, которымъ подвергается его форма, свойства этого куска желѣза могутъ измѣняться въ зависимости отъ обстоятельствъ: онъ можетъ быть твердымъ или жидкимъ, теплымъ или холоднымъ, образовывать ту или другую фигуру.

Помѣщенный близъ магнита, этотъ кусокъ желѣза получаетъ извѣстное измѣненіе въ своей формѣ, тѣмъ болѣе сильное, чѣмъ ближе магнитъ. Это измѣненіе связано съ появленіемъ двухъ полюсовъ; для куска желѣза оно есть принципъ движенія. Сущность этого принципа заключается въ томъ, что каждый полюсъ стремится приблизиться къ разноименному полюсу магнита и удалиться отъ одноименнаго съ нимъ полюса его.

Такова для философа-перипатетика реальность, которая скрывается подъ магнитными явленіями. Если бы анализъ всѣхъ этихъ явленій былъ доведенъ до свойствъ магнитнаго качества и двухъ его полюсовъ, то съ точки зрѣнія такого философа объясненіе было бы полное, и онъ могъ бы сформулировать вполнѣ удовлетворительную теорію. Такую теорію построилъ въ дѣйствительности въ 1629 году Николай Кабео [1]) въ своей замѣчательной магнитной философіи.

Перипатетикъ могъ объявить себя удовлетвореннымъ теоріей магнитизма, построенной Кабео. Другое дѣло—философъ Ньютоновой школы, вѣрный космологіи Восковича: онъ не удовлетворился бы ею.

Согласно философіи природы, которую построилъ Босковичъ [2])

---

[1]) Philosophia magnetica, in qua magnetis natura penitus explicatur et omnium quae hoc lapide cernuntur causae propriae afferuntur, multa quoque dicuntur de electricis et aliis attractionibus, et eorum causis; auctore Nicolao Cabeo, Ferrariensi, Societ. Jesu; Coloniae, apud Joannem Kinckium anno MDCXXIX.

[2]) Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium, auctore P. Rogerio Josepho Boscovich, Societatis Jesu, Viennae, MDCCLVIII.

на основаніи принциповъ Ньютона и его учениковъ, объяснять дѣйствія магнита на желѣзо магнитнымъ измѣненіемъ субстанціальной формы желѣза значитъ ничего не объяснять; это значитъ скрыть наше незнаніе дѣйствительности подъ словами, которыя тѣмъ громче звучатъ, чѣмъ болѣе они пусты.

Матеріальная субстанція не состоитъ изъ матеріи и формы, а она состоитъ изъ безчисленнаго множества точекъ, лишенныхъ протяженія и формы, но одаренныхъ массой. Между двумя любыми изъ этихъ точекъ существуетъ взаимное притяженіе или отталкиваніе, пропорціональное произведенію изъ массъ обѣихъ точекъ и составляющее извѣстную функцію отъ разстоянія между ними. Среди этихъ точекъ есть такія, которыя образуютъ тѣла въ собственномъ смыслѣ. Между этими послѣдними точками существуетъ взаимное дѣйствіе; какъ только разстояніе между ними переходитъ извѣстный предѣлъ, дѣйствіе это сводится къ общему явленію тяготѣнія, изученному Ньютономъ. Другія же точки ихъ, которымъ это дѣйствіе тяготѣнія не присуще, образуютъ невѣсомыя жидкости, какъ электрическія жидкости, или жидкость тепловая. Соотвѣтственныя же допущенія относительно массъ всѣхъ этихъ матеріальныхъ точекъ, относительно распредѣленія ихъ, относительно характера функцій разстоянія, отъ которыхъ ихъ взаимныя дѣйствія зависятъ, должны дать представленіе обо всѣхъ физическихъ явленіяхъ.

Такъ, напримѣръ, чтобы объяснить магнитныя дѣйствія, представляютъ себѣ, что каждая молекула желѣза носитъ въ себѣ равныя массы южной магнитной и сѣверной магнитной жидкости; что распредѣленіе этихъ жидкостей въ этой молекулѣ опредѣляется законами механики; что двѣ магнитныя массы оказываютъ другъ на друга дѣйствіе, прямо пропорціональное произведенію изъ этихъ массъ и обратно пропорціональное квадрату разстоянія между ними; наконецъ, что это дѣйствіе бываетъ отталкивающимъ, когда обѣ массы одного рода, и притягивающимъ, когда онѣ разнаго рода. Такова сущность теоріи магнитизма, основы которой были заложены Франклиномъ, Эпинусомъ, Т. Майеромъ и Кулономъ и которая нашла свое наиболѣе полное развитіе въ классическихъ работахъ Пуассона.

Даетъ ли эта теорія объясненіе магнитнымъ явленіямъ, которое могло бы удовлетворить атомиста? Безъ сомнѣнія, нѣтъ. Она допускаетъ дѣйствія притяженія и отталкиванія между удаленными другъ отъ друга частичками магнитной жидкости, а вѣдь, для

атомиста такого рода дѣйствія притяженія и отталкиванія суть лишь явленія и они не могутъ разсматриваться, какъ реальности.

Согласно атомистическимъ теоріямъ, матерія состоитъ изъ очень малыхъ тѣлецъ твердыхъ и различной формы, во множествѣ разсѣянныхъ въ пространствѣ. Отдѣленныя другъ отъ друга, такія два тѣльца никакъ не могутъ вліять другъ на друга. Только когда они приходятъ въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, когда они, непроницаемыя другъ для друга, сталкиваются, движенія ихъ видоизмѣняются и при томъ согласно твердо установленнымъ законамъ. Величины, формы и масса атомовъ и правила, согласно которымъ происходятъ эти толчки,—вотъ что должно дать единственное удовлетворительное объясненіе физическимъ законамъ.

Чтобы дать мыслимое объясненіе различнымъ движеніямъ, которыя испытываетъ кусокъ желѣза въ присутствіи магнита, приходится представлять себѣ, что потоки магнитныхъ частичекъ, хотя и сгущенные, но невидимые и неосязаемые, отходятъ отъ магнита или стекаются къ нему. Въ своемъ быстромъ потокѣ они различнымъ образомъ сталкиваются съ молекулами желѣза и именно эти удары вызываютъ тѣ давленія, которыя поверхностная философія приписала магнитнымъ притяженіямъ и отталкиваніямъ. Таковъ принципъ теоріи намагничиванія, которая въ общихъ чертахъ была наброшена еще Лукреціемъ, нашла дальнѣйшее свое развитіе у Гассенди въ XVII вѣкѣ и съ того времени часто находила сторонниковъ и защитниковъ.

Не найдутся ли мыслители, которыхъ трудно удовлетворить и которые, поэтому, упрекнутъ эту теорію въ томъ, что она не объясняетъ ничего и принимаетъ явленія за реальности? Таковыми именно и являются картезіанцы.

Согласно Декарту, матерія по сущности своей тождественна съ протяженіемъ по длинѣ, ширинѣ и глубинѣ, что составляетъ предметъ изученія геометровъ. Ничего другого изученію не подлежитъ, кромѣ различныхъ фигуръ и различныхъ движеній. Матерія картезіанская есть нѣчто вродѣ огромной жидкости, если угодно, не сжимаемой и абсолютно однородной. Атомы, твердые и недѣлимые, пустое пространство, которое ихъ раздѣляетъ—все это лишь одни явленія, однѣ иллюзіи. Нѣкоторыя части этой общей жидкости могутъ быть захвачены въ длительныя вихревыя движенія, въ мало проницательныхъ глазахъ атомиста эти вихри могутъ показаться недѣлимыми частицами. Отъ одного вихря къ другому

передаются через посредство лежащей между ними жидкости давленія, которыя послѣдователи Ньютона, вслѣдствіе недостаточно полнаго анализа, приняли за дѣйствія на разстояніи. Таковы принципы физики, первый набросокъ которой далъ Декартъ, которую глубже развилъ Мальбраншъ и которой Уильямъ Томсонъ, основываясь на гидродинамическихъ изслѣдованіяхъ Коши и Гельмгольца, придалъ объемъ и точность, характеризующіе современныя математическія системы.

Эта картезіанская физика не была бы полна безъ теоріи магнитизма. Уже Декартъ дѣлалъ попытки къ созданію ея. Спирали изъ тонкой матеріи, которыя замѣняли въ этой теоріи — была здѣсь извѣстная доля наивности! — магнитныя тѣльца Гассенди, уступили свое мѣсто у картезіанцевъ XIX вѣка вихрямъ, съ гораздо большей долей учености придуманнымъ Максвеллемъ.

Такимъ образомъ, каждая философская школа проповѣдуетъ теорію, которая сводитъ явленія магнитныя къ элементамъ, совокупность которыхъ составляетъ сущность матеріи. Другія же школы отвергаютъ эту теорію или на основаніи своихъ принциповъ не находятъ возможнымъ признать въ ней удовлетворительное объясненіе магнитныхъ явленій.

§ IV.—Споръ о скрытыхъ причинахъ.

Упреки, адресуемые одной космологической школой другой, наиболѣе часто принимаютъ одну опредѣленую форму, и первое обвиненіе, которое одна предъявляетъ другой, гласитъ, что противная сторона ссылается на скрытыя причины.

Если взять большія космологическія школы—школы перипатетиковъ, ньютонову школу, школу атомистовъ и картезіанскую школу—то можно расположить ихъ въ одинъ рядъ такъ, чтобы каждая приписывала матеріи меньшее число существенныхъ свойствъ, чѣмъ предыдущія.

Школа перипатетиковъ образуетъ субстанцію тѣлъ изъ двухъ только элементовъ—матеріи и формы. Но эта форма можетъ принимать свойства, число которыхъ неограничено. Такъ, каждое физическое свойство можетъ быть приписано особому качеству—качеству чувственному, прямо доступному нашему воспріятію, каковы тяжесть, плотность, жидкое состояніе, теплота, свѣтъ, или же качеству скрытому, одни дѣйствія котораго могутъ стать

доступными намъ косвеннымъ путемъ, каковы магнитныя или электрическія свойства.

Ньютонова школа отвергаетъ это безконечное многообразіе качествъ и тѣмъ въ значительной степени упрощаетъ понятіе матеріальной субстанціи. Въ качествѣ элементовъ матеріи она оставляетъ только массы, взаимодѣйствія ихъ и фигуры, если она не хочетъ вмѣстѣ съ Босковичемъ и нѣкоторыми изъ его послѣдователей свести и ихъ къ точкамъ, лишеннымъ протяженія.

Школа атомистовъ идетъ еще дальше. У нея матеріальные элементы сохраняютъ массу, фигуру и твердость, но силы, съ которыми они другъ на друга дѣйствуютъ, согласно школѣ Ньютона, исчезаютъ изъ области реальнаго, а онѣ разсматриваются лишь, какъ явленія и фикціи.

Наконецъ, картезіанцы доводятъ до крайности эту тенденцію лишить матеріальную субстанцію различныхъ свойствъ. Они отвергаютъ твердость атомовъ, отвергаютъ даже различіе между пустымъ и наполненнымъ пространствомъ, чтобы отождествить матерію, согласно выраженію Лейбница[1]) съ «протяженіемъ и однимъ голымъ его измѣненіемъ».

Итакъ, каждая космологическая школа допускаетъ въ своихъ объясненіяхъ извѣстныя свойства матеріи, которымъ послѣдующая школа отказываетъ въ значеніи реальностей, которыя она разсматриваетъ лишь какъ слова, указывающія, не вскрывая ихъ, на реальности болѣе глубоко запрятанныя, которыя она уподобляетъ, однимъ словомъ, тайнымъ качествамъ, въ столь большомъ изобиліи созданнымъ схоластикой.

Врядъ ли нужно напоминать, что всѣ другія космологическія школы, кромѣ школы перипатетиковъ, старались выставить на видъ этой послѣдней весь тотъ арсеналъ качествъ, который та скопляла подъ крыломъ субстанціальной формы,—арсеналъ, которымъ она обогащала все новымъ и новымъ качествомъ каждый разъ, когда приходилось объяснять новыя явленія. Но не одна физика перипатиковъ была повинна въ такихъ прегрѣшеніяхъ.

Дѣйствія притяженія и отталкиванія, производимыя на разстояніи — дѣйствія, которыя школа Ньютона приписывала матеріальнымъ элементамъ,—атомисты и картезіанцы относили къ тѣмъ чисто словеснымъ объясненіямъ, которыя были столь привычны древней схоластикѣ. Принципы Ньютона не успѣли увидѣть еще

---

[1]) Leibniz, Oevres edition Gerhardt t. IV стр. 464.

свѣта божьяго, какъ они возбудили уже насмѣшки той группы атомистиковъ, которая объединилась вокругъ Гюйгенса. «Что касается объясненія, которое даетъ явленію прилива Ньютонъ писалъ Гюйгенсъ Лейбницу [1]) то оно меня столь же мало удовлетворяетъ, какъ всѣ другія его теоріи, основанныя на его принципѣ притяженія, по моему представляющемъ чистѣйшій абсурдъ».

Живи въ эту эпоху Декартъ, онъ говорилъ бы аналогичное тому, что говорилъ Гюйгенсъ. Дѣйствительно, Мерсеннъ показалъ ему одно сочиненіе Роберваля [2]), въ которомъ этотъ авторъ задолго до Ньютона принималъ всемірное тяготѣніе. 20 Апрѣля 1646 года Декартъ высказалъ слѣдующее мнѣніе объ этомъ сочиненіи: [3]).

«Нѣтъ ничего болѣе абсурднаго, чѣмъ одно допущеніе, присоединенное къ предыдущему; авторъ принимаетъ, что извѣстное свойство присуще каждой отдѣльной части матеріи въ мірѣ и что въ силу этого свойства эти части движутся другъ къ другу и взаимно притягиваются; онъ принимаетъ также, что сходное свойство присуще каждой изъ частицъ на землѣ, разсматриваемой въ ея отношеніи ко всѣмъ другимъ частицамъ, и что это свойство не наноситъ ни малѣйшаго ущерба предыдущему. Чтобы это понять, приходится допустить не только то, что каждая изъ матеріальныхъ частичекъ одухотворена и что въ ней живетъ даже огромное число различныхъ душъ, другъ другу не мѣшающихъ, но и то также, что эти души матеріальныхъ частичекъ одарены сознаніемъ, что онѣ поистинѣ божественны, ибо онѣ безъ всякаго посредства другой среды могутъ знать, что происходитъ въ самыхъ отдаленныхъ отъ нихъ мѣстахъ и тамъ производить свои дѣйствія».

Картезіанцы сходятся, слѣдовательно, съ атомистами въ осужденіи принципа дѣйствія на разстояніи, какъ ссылки на скрытое качество,— принципа, на который ссылаются въ своихъ теоріяхъ сторонники Ньютона. Но, обратившись къ атомистамъ, картезіанцы съ неменьшей суровостью осуждаютъ твердость и недѣлимость, которыя тѣ приписываютъ своимъ частицамъ. «Другое, что мнѣ не нравится, пи-

---

[1]) Huygens à Leibniz, 18 novembre 1690 (Oeuvres complètes de Huygens, t. IX, стр. 528).

[2]) Aristarchi Samii: De mundi systesmate, partibus et motibus ejusdem, liber, singularis: Parisiis, 1643. — Сочиненіе это было воспроизведено въ 1648 году въ III т. Cogitata physico-mathematica Мерсенна.

[3]) Descartes; Correspondance, edition P. Tannery et Ch. Adam. no CLXXX t. IV, стр. 396.

салъ атомисту Гюйгенсу картезіанецъ Дени Папенъ [1]), это.... то, что вы полагаете, будто совершенная твердость есть одно изъ существенныхъ свойствъ тѣлъ. Мнѣ кажется, это это равносильно допущенію существеннаго свойства, которое насъ отбрасываетъ отъ всѣхъ математическихъ или механическихъ принциповъ». Съ не меньшей суровостью, правда, атомистъ Гюйгенсъ осуждаетъ мнѣніе картезіанцевъ. «Другое затрудненіе, которое вы находите, отвѣчалъ онъ Папену [2]), это то, что я допускаю, что твердость есть одно изъ существенныхъ свойствъ тѣлъ, а не считаю таковымъ вмѣстѣ съ Декартомъ протяженность. Отсюда я заключаю, что вы не освободились еще отъ этого мнѣнія, между тѣмъ какъ я уже съ давнихъ поръ считаю его абсурднымъ».

Изъ сказаннаго ясно, что кто ставитъ теоретическую физику въ зависимость отъ метафизики, тотъ не содѣйствуетъ тому, чтобы обезпечить за ней всеобщее признаніе.

§ V.—Ни одна метафизическая система не достаточна, какъ основа для физической теоріи.

Каждая изъ метафизическихъ школъ упрекаетъ своихъ соперницъ въ томъ, что тѣ въ своихъ объясненіяхъ ссылаются на понятія, которыя сами не объяснимы, которыя являются поистинѣ скрытыми качествами. Не могла бы ли она почти всегда обратиться съ этимъ упрекомъ къ себѣ самой?

Философы, принадлежащіе къ какой-нибудь извѣстной школѣ, только тогда объявляютъ себя совершенно удовлетворенными теоріей, созданной физиками той же школы, когда всѣ принципы этой теоріи выведены изъ той метафизики, которую исповѣдуетъ эта школа. Если же физикъ въ ходѣ объясненія какого-нибудь физическаго явленія ссылается на законъ, который этой метафизикой доказанъ быть не можетъ, объясненіе считается неудавшимся и физическая теорія, по ихъ мнѣнію, не достигла своей цѣли.

Но ни одна метафизика не даетъ столь точныхъ, столь детальныхъ указаній, чтобы изъ нихъ можно было вывести всѣ элементы физической теоріи.

---

[1]) Denis Papin a Christian Huygens, 18 juin 1690 (Oeuvres completes de Huygens, t. IX, стр. 429).

[2]) Christian Huygens a Denis Papin. 2 septembre 1690 (Oeuvres completes de Huygens, t. IX, стр. 484).

Въ самомъ дѣлѣ, указанія, которыя метафизическое ученіе даетъ относительно истинной природы тѣлъ, состоятъ большей частью изъ отрицаній. Перипатетики, какъ и картезіанцы, отрицаютъ возможность пустого пространства. Сторонники Ньютона отрицаютъ всякое качество, которое не можетъ быть сведено къ силѣ, дѣйствующей между матеріальными точками. Атомисты и картезіанцы отрицаютъ всякое дѣйствіе на разстояніи. Картезіанцы не признаютъ никакого другого различія между различными частями матерій, кромѣ различій въ фигурѣ и движеніи.

Всѣ эти отрицанія пригодны въ качествѣ аргументовъ, когда дѣло идетъ объ обсужденіи теоріи, предложенной другой какой-нибудь школой. Но они обнаруживаютъ удивительное безплодіе, когда хочешь изъ нихъ вывести принципы для физической теоріи.

Декартъ, напримѣръ, отрицаетъ за матеріей всякіе другіе признаки, кромѣ протяженности въ длину, ширину и глубину, и различныхъ ея формъ, т. е. кромѣ фигуръ и движеній. Когда же эти величины даны, но только онѣ однѣ, онъ не въ состояніи приступить даже къ объясненію физическаго закона.

Прежде чѣмъ приступить къ построенію какой-нибудь теоріи, онъ, по меньшей мѣрѣ, долженъ былъ бы знать общія правила, регулирующія различныя движенія. А между тѣмъ онъ пытается вывести динамику, исходя изъ своихъ метафизическихъ принциповъ.

Совершенство Бога требуетъ, чтобы воля его была непреложна. Изъ этой непреложности вытекаетъ слѣдующее положеніе: Богъ сохраняетъ постояннымъ количество движенія въ мірѣ, данное отъ начала его.

Но это постоянство количества движенія въ мірѣ не есть еще принципъ настолько точный, на столько опредѣленный, чтобы мы могли вывести изъ него хотя бы одно только уравненіе динамики. Мы должны выразить его въ количественной формѣ, для чего необходимо дать вполнѣ опредѣленное алгебраическое выраженіе понятію к о л и ч е с т в а движенія, которое до настоящаго времени осталось слишкомъ неяснымъ.

Какой же математическій смыслъ физикъ вкладываетъ въ настоящее время въ слова: к о л и ч е с т в о д в и ж е н і я?

По Декарту количество движенія каждой матеріальной частицы есть произведеніе изъ массы ея—или ея объема, который въ картезіанской физикѣ тождественъ съ массой—на скорость, которую она обладаетъ. Количество движенія всей матеріи есть тогда сумма

количествъ движенія ея отдѣльныхъ частей. Сумма эта сохраняетъ при каждомъ физическомъ измѣненіи свою неизмѣнную величину.

Комбинація алгебраическихъ величинъ, въ которой Декартъ стремится выразить понятіе количества движенія, соотвѣтствуетъ, безъ сомнѣнія, тому, что мы ожидаемъ отъ такого выраженія на основаніи нашихъ инстинктивныхъ знаній. Она равна нулю въ случаѣ системы неподвижной и есть положительная величина въ случаѣ группы тѣлъ, находящихся въ движеніи. Величина ея возрастаетъ, когда скорость движенія подъ дѣйствіемъ опредѣленной массы возрастаетъ; возрастаетъ она также, когда при данной скорости возрастаетъ масса. Но есть еще безконечное множество и другихъ выраженій, тоже вполнѣ удовлетворяющихъ этимъ требованіямъ. Вмѣсто скорости можно, какъ извѣстно, взять и квадратъ скорости. Мы получили бы тогда алгебраическое выраженіе, совпадающее съ тѣмъ, которое Лейбницъ назвалъ живой силой. Вмѣсто постоянства въ мірѣ картезіанскаго количества движенія можно было бы тогда выводить изъ непреложности воли Божіей и постоянство живой силы Лейбница.

Такимъ образомъ законъ, который Декартъ пытается положить въ основу динамики, вполнѣ согласуется, безъ сомнѣнія, и съ картезіанской метафизикой. Но онъ вовсе не вытекаетъ изъ нея съ полной необходимостью. Поэтому, когда Декартъ доказываетъ, что извѣстныя физическія явленія представляютъ собою ничто иное, какъ послѣдствіе такого закона, то онъ доказываетъ этимъ, правда, что эти явленія не находятся въ противорѣчіи съ принципами его философіи, но онъ вовсе не объясняетъ ихъ этими принципами.

То, что мы сказали о картезіанизмѣ, мы могли бы повторить относительно всякаго метафизическаго ученія, претендующаго служить основой для построенія физической теоріи. Во всѣхъ такихъ теоріяхъ мы находимъ извѣстныя гипотезы, которыя вовсе не имѣютъ своей основой принципы даннаго метафизическаго ученія. Сторонники Босковича принимаютъ, что всѣ притяженія или отталкиванія, происходящія на замѣтномъ разстояніи, обратно пропорціональны квадрату разстоянія. Именно эта гипотеза позволяетъ имъ построить механику неба, механику электрическую и механику магнитную. Но данная форма закона продиктована имъ желаніемъ согласовать свои объясненія съ фактами, а она вовсе не вытекаетъ изъ требованій ихъ философіи. Атомисты принимаютъ, что удары частицъ подчинены извѣстному закону. Но этотъ законъ есть чрезвычайно смѣлое распространеніе на міръ атомовъ другого

закона, который можно изучать только на массахъ достаточно большихъ, чтобы быть доступными воспріятію нашихъ чувствъ, а онъ вовсе не есть необходимый выводъ изъ эпикурейской философіи.

Итакъ, совершенно невозможно вывести изъ метафизической системы всѣ тѣ элементы, которые необходимы для построенія физической теоріи. Всегда эта послѣдняя прибѣгаетъ къ допущеніямъ, которыя вовсе не даны этой системой и которыя сохраняютъ, поэтому, для сторонниковъ ея значеніе мистеріи. Всегда въ основѣ объясненій, которыя система тщится дать, лежитъ нѣчто необъяснимое.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Физическая теорія и естественная классификація.

§ 1.—Истинная природа физической теоріи и операцій, которыми она получается.

Разсматривая физическую теорію, какъ гипотетическое объясненіе матеріальной дѣйствительности, мы ставимъ ее въ зависимость отъ метафизики. Этимъ мы вовсе не придаемъ ей форму, которая могла бы встрѣтить признаніе большого числа мыслителей, а ограничиваемъ число сторонниковъ ея тѣми учеными, которые признаютъ философію, лежащую въ ея основѣ. Но даже сами эти сторонники не вполнѣ удовлетворены этой теоріей, ибо она вовсе не выводитъ всѣхъ своихъ принциповъ изъ метафизическаго ученія, изъ котораго она, какъ она утверждаетъ, исходитъ.

Мысли эти, развитыя въ предыдущей главѣ, естественно приводятъ насъ къ слѣдующимъ двумъ вопросамъ:

Нельзя ли поставить предъ физической теоріей такую цѣль, чтобы она стала самостоятельной? Если она будетъ основана на принципахъ, не заимствованныхъ ни изъ одной метафизической доктрины, можно будетъ оцѣнивать ее самое безъ всякой связи съ различными философскими школами, сторонникомъ которой тѣ или другіе физики являются

Нельзя ли придумать методъ, достаточный для того, чтобы построить физическую теорію? Теорія, согласующаяся съ собственнымъ своимъ опредѣленіемъ, не станетъ пользоваться ни однимъ принципомъ, не станетъ соображаться ни съ однимъ допущеніемъ которыми она не могла бы пользоваться по праву.

Вотъ эту цѣль и этотъ методъ мы и хотимъ разсмотрѣть.

Дадимъ сейчасъ же опредѣленіе физической теоріи, которое въ ходѣ дальнѣйшаго нашего изложенія будетъ выяснено и развито все полнѣе и яснѣе.

Физическая теорія не есть объясненіе. Это система математическихъ положеній, выведенныхъ изъ небольшого числа принциповъ, имѣющихъ цѣлью выразить возможно проще, полнѣе и точнѣе цѣльную систему экспериментально установленныхъ законовъ.

Чтобы дать этому опредѣленію теперь же нѣсколько болѣе точное выраженіе, мы попытаемся охарактеризовать тѣ четыре последовательныя операціи, которыми образуется физическая теорія.

1. Изъ физическихъ свойствъ, которыя мы предполагаемъ выразить, мы выберемъ тѣ, которыя мы будемъ разсматривать, какъ свойства *простыя*, а всѣ остальныя мы будемъ разсматривать, какъ группы и комбинаціи первыхъ. Соотвѣтственными измѣрительными методами мы создадимъ необходимое число соотвѣтствующихъ имъ математическихъ символовъ, чиселъ, величинъ. Эти математическіе символы не стоятъ ни въ какой естественной связи со свойствами, которыя они выражаютъ. Единственная связь, которая между ними существуетъ, есть связь, существующая между знакомъ и обозначаемой имъ вещью. Соотвѣтственными измѣрительными методами можно установить соотвѣтствіе между каждымъ состояніемъ какого-нибудь физическаго свойства и величиной представляющаго его символа и наоборотъ.

2. Эти введенныя нами величины различнаго рода мы связываемъ въ небольшое число положеній, которыя и будутъ служить принципами для нашихъ выводовъ. Принципы эти могутъ быть названы *гипотезами* въ этимологическомъ смыслѣ этого слова: они, дѣйствительно, служатъ основаніемъ, на которомъ будетъ построена теорія. Но они никоимъ образомъ не претендуютъ устанавливать истинныя связи между реальными свойствами тѣлъ. Гипотезы эти могутъ быть, слѣдовательно, формулированы произвольнымъ образомъ. Единственный предѣлъ этому произволу, абсолютно непереходимый, есть логическое противорѣчіе, будь то между членами одной и той же гипотезы или между различными гипотезами одной и той же теоріи.

3. Различные принципы или гипотезы всякой теоріи связаны между собой въ одно единое цѣлое на основаніи правилъ математическаго анализа. Требованія алгебраической логики—единственное, чему ученый авторъ долженъ удовлетворять, развивая свою теорію. Величины, на которыхъ основываются его вычисленія, вовсе непретендуютъ быть физическими реальностями, принципы изъ

которыхъ онъ исходитъ въ своихъ выводахъ, вовсе не претендуютъ быть выраженіемъ дѣйствительныхъ отношеній между такими реальностями. Поэтому, не имѣетъ ни малѣйшаго значенія вопросъ, соотвѣтствуютъ ли операціи, которыя онъ совершаетъ, реальнымъ или даже только мыслимымъ физическимъ измѣненіямъ или нѣтъ. Все, что мы въ правѣ отъ него требовать, это, чтобы его заключенія были правильны и его вычисленія точны.

4. Различные выводы, которые дѣлаются такимъ образомъ изъ установленныхъ гипотезъ, могутъ быть переведены въ такое же число сужденій о физическихъ свойствахъ тѣлъ. Методы, позволяющіе опредѣлить и измѣрить эти физическія свойства, представляютъ собой какъ бы словарь или ключъ, позволяющій сдѣлать этотъ переводъ. Эти сужденія сравниваютъ съ экспериментальными законами, которые теорія должна выразить. Если они согласуются съ этими законами съ той степенью приближенія, которую допускаютъ примѣненные методы измѣренія, то теорія достигла своей цѣли, и она должна быть признана правильной; если же нѣтъ, она плоха, должна быть измѣнена или даже вовсе отвергнута.

Такимъ образомъ, правильной мы должны считать не такую теорію, которая даетъ объясненіе физическимъ явленіямъ, соотвѣтствующее дѣйствительности, а такую, которая наиболѣе удовлетворительнымъ образомъ выражаетъ группу экспериментально установленныхъ законовъ. Неправильной теоріей мы должны назвать не попытку объясненія, основанную на допущеніяхъ, противорѣчащихъ дѣйствительности, а группу положеній, не согласныхъ съ экспериментально установленными законами. Единственный критерій истинности физической теоріи есть согласіе ея съ данными опыта.

Опредѣленіе, которое мы здѣсь излагаемъ, различаетъ въ физической теоріи четыре основныхъ операціи:

1. Опредѣленіе и измѣреніе физическихъ величинъ;
2. Выборъ гипотезъ;
3. Математическое развитіе теоріи;
4. Сравненіе теоріи съ опытомъ.

О каждой изъ этихъ операцій намъ неоднакратно и долго придется говорить въ этомъ сочиненіи, ибо каждая изъ нихъ представляетъ трудности, требующія самаго тщательнаго анализа. Но мы уже и теперь имѣемъ полную возможность отвѣтить на нѣкото-

рые вопросы, опровергнуть нѣкоторыя возраженія, вызванныя даннымъ здѣсь опредѣленіемъ физической теоріи.

§ II.—Какова польза отъ физической теоріи? Теорія, какъ экономія мышленія.

Но прежде всего, къ чему можетъ служить такая теорія?

По вопросу объ истинной природѣ вещей, по вопросу о реальностяхъ, которыя скрываются позади явленій, подлежащихъ нашему изученію, теорія, построенная по изложенному здѣсь плану, не научаетъ насъ абсолютно ничему, да и не претендуетъ на это. Какая же *польза* отъ нея? Какую пользу ученые физики видятъ въ замѣнѣ законовъ, доставляемыхъ намъ непосредственно экспериментальнымъ методомъ, — системой математическихъ положеній, которыя представляютъ, выражаютъ эти законы?

Прежде всего вмѣсто очень большого числа законовъ, представляющихся намъ независимыми другъ отъ друга, каждый изъ которыхъ долженъ быть изученъ и удержанъ самъ по себѣ, независимо отъ другихъ, наша теорія устанавливаетъ очень небольшое число положеній, основныхъ гипотезъ. Разъ изучены эти гипотезы, математическій выводъ, безусловно надежный, даетъ возможность безъ пробѣловъ, безъ повтореній найти всѣ физическіе законы. Такого рода конденсація кучи законовъ въ небольшое число принциповъ представляетъ собою огромное облегченіе для человѣческаго ума, который безъ этого искуственнаго средства не совладалъ *бы со* множествомъ новыхъ пріобрѣтеній, выпадающихъ на его долю изо дня въ день.

Сведеніе физическихъ законовъ къ теоріямъ содѣйствуетъ той экономіи мышленія, въ которой Эрнстъ Махъ[1]) усматриваетъ цѣль, регулирующій принципъ науки.

Уже экспериментальный законъ представляетъ собою первое проявленіе экономіи мышленія. Умъ человѣческій имѣлъ передъ собою огромное число конкретныхъ фактовъ, каждый изъ которыхъ слагался изъ множества деталей, между собою несходныхъ. Ни одинъ человѣкъ не могъ бы достичь знанія всѣхъ этихъ фактовъ и тѣмъ болѣе запомнить ихъ; ни одинъ человѣкъ не былъ бы въ со-

---

[1]) Эрнстъ Махъ, Экономическая природа физическаго изслѣдованія. *Популярно-научные очерки. пер.* Г. А. Котляра стр. 152.—Механика, историко-критическій очеркъ ея развитія. Гл. IV, § 4: Экономія науки, стр. 402 (пер. Г. А. Котляра).

стоянія сообщить эти знанія своимъ ближнимъ. За дѣло принялась абстракція. Она отбросила все частное, индивидуальное въ каждомъ изъ этихъ фактовъ, она извлекла изъ всѣхъ ихъ все, что принадлежало всѣмъ имъ и имѣло общее значеніе, и это огромное множество фактовъ она замѣнила однимъ единственнымъ положеніемъ, которое легко удержать въ памяти и сообщить другимъ. Такъ абстракція формулировала физическій законъ.

«Вмѣсто того, напримѣръ, чтобы отмѣчать всѣ различные случаи преломленія свѣта въ отдѣльности, мы можемъ всѣ встрѣчающіеся случаи воспроизводить или до опыта представить себѣ, если мы знаемъ, что лучъ падающій и преломленный лежатъ въ одной плоскости съ перпендикуляромъ и что $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=n$. Вмѣсто безчисленнаго множества случаевъ преломленія свѣта при различныхъ комбинаціяхъ веществъ и углахъ паденія, намъ нужно тогда отмѣтить себѣ только это указаніе и значенія для n, что гораздо легче. Экономическая тенденція здѣсь очевидна [1])».

Эту экономію, вытекающую изъ замѣны конкретныхъ фактовъ закономъ, умъ человѣческій удваиваетъ, когда онъ сгущаетъ экспериментальные законы въ теоріи. Тѣмъ, что законъ преломленія свѣта является по отношенію къ безчисленнымъ фактамъ преломленія, оптическая теорія является по отношенію къ безконечно многообразнымъ законамъ свѣтовыхъ явленій.

Изъ свѣтовыхъ явленій древніе лишь очень небольшое число обобщили въ законы. Единственные оптическіе законы, извѣстные имъ, были: законъ прямолинейнаго распространенія свѣта и законъ его отраженія. Этотъ скудный реестръ законовъ обогатился въ эпоху Декарта закономъ преломленія свѣта. Столь скудная оптика могла обойтись безъ теорій: было легко изучить и запомнить каждый законъ въ отдѣльности и самъ по себѣ.

Возьмемъ теперь современную оптику. Нашелся ли бы физикъ, который сумѣлъ бы безъ помощи теоріи познакомиться, хотя бы и поверхностно, съ этой огромной областью? Факты простого преломленія, двойного преломленія въ одно—или двуосныхъ кристаллахъ, факты отраженія свѣта въ изотропныхъ и кристаллическихъ средахъ, интерференція, дифракція, поляризаціи вслѣдствіе простого или двойного преломленія, хроматической поляризаціи, круговой поляризаціи и т. д.,—каждая изъ этихъ крупныхъ категорій

---

[1]) Ibid, стр. 406.

явленій даетъ возможность формулировать цѣлый рядъ экспериментальныхъ законовъ, передъ числомъ и сложностью которыхъ спасовала бы память, самая воспріимчивая, самая надежная.

И вотъ на помощь является оптическая теорія. Собравъ всѣ эти законы, она сгущаетъ ихъ въ небольшое число принциповъ. Изъ этихъ принциповъ легко во всякое время вывести съ точностью и полной правильностью нужный законъ. Нѣтъ больше надобности хранить знаніе всѣхъ этихъ законовъ, а вполнѣ достаточно знать принципы, на которыхъ покоится теорія.

Этотъ примѣръ съ совершенной ясностью рисуетъ передъ нами путь развитія физическихъ наукъ. Экспериментаторъ безостановочно, изо дня въ день открываетъ факты, до сихъ поръ и не подозрѣваемые, и формулируетъ новые законы. Для того же, чтобы умъ человѣческій сумѣлъ усвоить всѣ эти пріобрѣтенія, теоретикъ безостановочно придумываетъ формы представленія ихъ, всё болѣе и болѣе сгущенныя, системы все болѣе и болѣе экономныя. Развитіе физики ведетъ къ неустанной борьбѣ между «природой, которая не устаетъ обнаруживать новое», и умомъ человѣческимъ, который не желаетъ «отставать въ пониманіи этого новаго».

§ III.—Теорія, какъ классификація.

Теорія есть не только экономное представленіе экспериментальныхъ законовъ, а она есть еще и **классификація** ихъ.

Экспериментальная физика даетъ намъ всѣ законы вмѣстѣ и, такъ сказать, по одному плану, не раздѣляя ихъ на группы на основаніи той или другой родственной связи. Очень часто наблюдатели сближаютъ въ своихъ изслѣдованіяхъ одинъ законъ съ другимъ на основаніи соображеній совершенно случайныхъ, аналогій совершенно поверхностныхъ. Такъ, Ньютонъ въ одномъ и томъ же сочиненіи излагаетъ законы разсѣянія свѣта при прохожденіи черезъ призму вмѣстѣ съ законами цвѣтовъ мыльныхъ пузырей, и дѣлаетъ онъ это просто потому, что и въ томъ и въ другомъ случаѣ наши глаза замѣчаютъ эти два сорта явленій, благодаря слишкомъ яркимъ цвѣтамъ.

Другое дѣло—теорія. Развивая все далѣе и далѣе дедуктивныя умозаключенія, устанавливающія связь между принципами съ одной стороны и экспериментальными законами—съ другой, она устанавливаетъ между ними порядокъ и классификацію. Одни изъ нихъ она, тѣсно связавъ, объединяетъ въ одну

группу, другіе она раздѣляетъ и относитъ къ двумъ группамъ, весьма другъ отъ друга отдаленнымъ. Она даетъ, такъ сказать, оглавленіе и заглавія отдѣльныхъ главъ, на которыя подлежащая изученію наука методически распадается, и отмѣчаетъ законы, которые должны быть отнесены въ ту или другую изъ этихъ главъ.

Такъ, рядомъ съ законами, опредѣляющими спектръ преломленнаго въ призмѣ свѣтового луча, она помѣщаетъ законы, которыми опредѣляются цвѣта радуги. Законы же, которыми опредѣляются цвѣта ньютоновыхъ колецъ, она относитъ въ совершенно другую область, объединяя ихъ съ законами интерференціонныхъ полосъ, открытыхъ Юнгомъ и Френелемъ. Въ другой группѣ она разсматриваетъ тонкіе цвѣта, изученные Гримальди, какъ явленія, родственныя съ дифракціоннымъ спектромъ, полученнымъ Фраунгоферомъ. Законы всѣхъ этихъ явленій, которые обыкновенный наблюдатель смѣшиваетъ въ одну кучу изъ-за яркихъ цвѣтовъ, для нихъ характерныхъ, трудами теоретика классифицируются и приводятся въ извѣстный порядокъ.

Познаніями классифицированными удобно пользоваться. Мало также шансовъ ошибиться при пользованіи ими. Когда рядомъ лежатъ орудія, служащія одной и той же цѣли, и когда строго отдѣлены другъ отъ друга инструменты, служащіе различнымъ цѣлямъ, рука рабочаго быстро безъ колебаній, безъ опасеній беретъ орудіе, которое нужно въ данный моментъ. Такъ, благодаря теоріи, физикъ съ полной увѣренностью, не упуская ничего существеннаго, не примѣняя ничего излишняго, находитъ законы, которые могутъ помочь ему при разрѣшеніи данной проблемы.

Вездѣ, гдѣ царствуетъ порядокъ, къ нему присоединяется и красота. Благодаря теоріи, группа физическихъ законовъ, которую она представляетъ, не только примѣняется съ большей легкостью, съ большимъ удобствомъ, съ большей плодотворностью, но она становится и болѣе прекрасной.

Слѣдя за развитіемъ какой-нибудь изъ великихъ теорій физики, наблюдая, какъ великолѣпно и стройно развиваются изъ первыхъ ея гипотезъ дальнѣйшія ея дедукціи, какъ результаты ея представляютъ вплоть до мельчайшихъ деталей цѣлый рядъ экспериментально установленныхъ законовъ, невозможно не почувствовать себя увлеченнымъ красотой столь стройнаго зданія, не почувствовать съ живостью, что подобнаго рода созданіе ума человѣческаго есть истинное произведеніе искусства.

§ IV.—Теорія имѣетъ тенденцію превратиться въ естественную классификацію [1]).

Это эстетическое чувство—не единственное чувство, которое вызываетъ теорія, развитая до высокой степени совершенства. Такая теорія пробуждаетъ въ насъ еще убѣжденіе, что передъ нами классификація естественная.

Но прежде всего, что такое естественная классификація? Что хочетъ, напримѣръ, сказать натуралистъ, устанавливая естественную классификацію позвоночныхъ животныхъ?

Классификація, которую онъ придумалъ, представляетъ собою совокупность умственныхъ операцій. Она касается не конкретныхъ индивидовъ, а абстракцій, видовъ. Эти виды она подраздѣляетъ на группы такъ, чтобы болѣе спеціальныя входили, какъ составная часть, въ болѣе общія. Чтобы образовать эти группы, натуралистъ разсматриваетъ различные органы—позвоночный столбъ, черепъ, сердце, пищеварительный каналъ, легкіе, плавательный пузырь—и не въ той спеціальной и конкретной формѣ, которую они имѣютъ у того или другого индивида, а въ формѣ абстрактной, общей, схематической, принадлежащей всѣмъ видамъ одной и той же группы. Между этими органами, столь преобразованными абстракціей, онъ устанавливаетъ сравненія, отыскивая аналогіи и различія. Такъ, плавательный пузырь рыбъ, напримѣръ, онъ объявляетъ гомологичнымъ съ легкими позвоночныхъ животныхъ. Эти гомологіи суть сближенія, чисто идеальныя, касающіяся не реальныхъ органовъ, а обобщенныхъ и упрощенныхъ представленій, создавшихся въ умѣ естествоиспытателя. Классификація есть ничто иное, какъ синоптическая картина, резюмирующая всѣ эти сближенія.

Когда зоологъ утверждаетъ, что такая классификація есть классификація естественная, онъ полагаетъ, что эти идеальныя связи, установленныя его разумомъ между абстрактными идеями, соотвѣтствуютъ реальнымъ отношеніямъ между конкретными существами, въ которыхъ тѣ абстракціи воплощаются. Онъ полагаетъ, напримѣръ, что сходныя черты, болѣе или менѣе замѣтныя, которыя онъ установилъ между различными видами, служатъ по-

---

[1]) Въ статьѣ «L'Ecole anglaise et les theories physiques, art. 6,» напечатанной въ журналѣ Revue des questions scientifiques, octobre 1903, мы охарактеризовали уже естественную классификацію, какъ идеальную форму, къ которой должна стремиться физическая теорія.

казателями болѣе или менѣе тѣснаго родства въ собственномъ смыслѣ, существующаго между индивидами, совокупность которыхъ образуетъ данный видъ. Онъ полагаетъ, что тѣ связи, въ которыхъ онъ воплощаетъ взаимоотношеніе между классами, порядками, семействами и видами, воспроизводятъ развѣтвленіе генеалогическаго дерева, изображающаго развитіе различныхъ позвоночныхъ животныхъ изъ одного ствола. Чтобы установить эти отношенія дѣйствительнаго родства, это происхожденіе, одной сравнительной анатоміи недостаточно; понять и подтвердить ихъ есть задача физіологіи и палеонтологіи. Но, обозрѣвая порядокъ, который его методы сравненія вносятъ въ безпорядочную толпу животныхъ, анатомъ не можетъ не утверждать о тѣхъ связяхъ, доказательство которыхъ выходитъ за предѣлы его методовъ. И если бы физіологія и палеонтологія въ одинъ прекрасный день доказали ему, что выдуманное имъ родство въ дѣйствительности не существуетъ, что эволюціонная гипотеза есть голая выдумка, онъ тѣмъ не менѣе продолжалъ бы думать, что система, созданная его классификаціей, изображаетъ дѣйствительныя связи, существующія между животными. Онъ призналъ бы, можетъ быть, что онъ ошибся насчетъ природы этихъ связей, но существованіе ихъ онъ продолжалъ бы защищать.

Легкость, съ которой всякій экспериментально установленный законъ находитъ свое мѣсто въ классификаціи, созданной физикомъ, ослѣпительная ясность, проявляющаяся въ этой, до совершенства правильной, группировкѣ, пробуждаютъ въ насъ непреодолимое убѣжденіе въ томъ, что такая классификація не есть классификація чисто искусственная, что такой порядокъ не есть результатъ чисто произвольной группировки законовъ, придуманной геніальнымъ ученымъ. Не будучи въ состояніи ни отдавать себѣ отчетъ въ этомъ нашемъ убѣжденіи, ни также отдѣлаться отъ него, мы усматриваемъ въ строго точномъ порядкѣ этой системы признакъ, по которому можно узнать классификацію естественную. Не претендуя на объясненіе реальности, скрывающейся позади явленій, законы которыхъ мы группируемъ, мы тѣмъ не менѣе чувствуемъ, что группы, созданныя нашей теоріей, соотвѣтствуютъ дѣйствительнымъ родственнымъ связямъ между самими вещами.

Физикъ, усматривающій во всякой теоріи объясненіе, убѣжденъ, что въ свѣтовомъ колебаніи онъ открылъ дѣйствительную и самую сокровенную причину того качества, съ которымъ чувства наши знакомятъ насъ, какъ со свѣтомъ и цвѣтомъ. Онъ вѣритъ

въ существованіе нѣкотораго тѣла, эфира, отдѣльныя части котораго охвачены этимъ быстрымъ колебательнымъ движеніемъ.

Мы не раздѣляемъ этихъ иллюзій—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія. Когда мы по поводу какой-нибудь оптической теоріи говоримъ еще о свѣтовомъ колебаніи, мы вовсе при этомъ не имѣемъ въ виду какого-нибудь истиннаго колебательнаго движенія реальнаго тѣла. Нѣтъ, мы представляемъ себѣ только нѣкоторую абстрактную величину, чисто геометрическое выраженіе, длина которой, періодически измѣняющаяся, позволяетъ намъ формулировать гипотезы оптики, находить при помощи правильныхъ вычисленій тѣ экспериментальные законы, которымъ подчинены свѣтовыя явленія. Это колебательное движеніе есть для насъ не объясненіе, а только образъ.

Но когда послѣ долгихъ попытокъ и пробъ намъ удается съ помощью этого колебанія формулировать цѣлый рядъ фундаментальныхъ гипотезъ; когда мы видимъ, какъ планъ, намѣченный этими гипотезами, вноситъ порядокъ и систему въ огромную область оптики, до тѣхъ поръ столь спутанную и безпорядочную, мы не можемъ отдѣлаться отъ мысли, что этотъ порядокъ, эта система есть образъ порядка и системы реальныхъ; мы не можемъ думать, что явленія, сближенныя между собою теоріей, каковы, напримѣръ, интерференціонныя полосы и цвѣта тонкихъ пластинокъ, не являются въ дѣйствительности проявленіями, мало различными, одного и того же признака свѣта, что явленія, раздѣленныя теоріей, какъ напримѣръ, спектръ диффракціи и спектръ дисперсіи не обязаны своимъ существованіемъ причинамъ, существенно различнымъ.

Итакъ, физическая теорія никогда не даетъ намъ объясненія экспериментальныхъ законовъ. Она никогда не вскрываетъ реальностей, скрывающихся позади доступныхъ воспріятію явленій. Но чѣмъ болѣе она совершенствуется, тѣмъ болѣе мы предчувствуемъ, что логическій порядокъ, который она устанавливаетъ между экспериментальными законами, есть отраженіе порядка онтологическаго, тѣмъ больше мы предчувствуемъ, что связи, которыя она устанавливаетъ между данными наблюденія, соотвѣтствуютъ связямъ, существующимъ между вещами [1]), тѣмъ болѣе мы можемъ предсказать, что она стремится стать классификаціей естественной.

Въ этомъ убѣжденіи физикъ не можетъ отдать себѣ отчета. Методъ, которымъ онъ пользуется, ограниченъ данными наблюде-

[1]) См. Poincaré: La Science et l'Hypothèse, стр. 190, Paris, 1903. (Есть русскій переводъ. Прим. пер.).

нія. Поэтому, онъ не можетъ привести къ доказательству, что порядокъ, установленный экспериментальными законами, отражаетъ порядокъ, выходящій за предѣлы опыта. Тѣмъ болѣе онъ не можетъ подозрѣвать природы реальныхъ связей, которымъ соотвѣтствуютъ связи, установленныя теоріей. Но, если физикъ безсиленъ чѣмъ нибудь подтвердить это свое убѣжденіе, то онъ съ другой стороны не менѣе безсиленъ поколебать его. Тщетно онъ старается проникнуться той мыслью, что теоріи его не имѣютъ никакой силы достичь дѣйствительности, что онѣ служатъ единственно для того, чтобы дать законамъ экспериментально установленнымъ обобщенное и классифицированное описаніе. Онъ не можетъ заставить себя думать, что система, способная столь просто и легко упорядочить огромное множество законовъ, съ перваго взгляда столь мало родственныхъ, есть система чисто искусственная. Дѣйствіемъ интуиціи, вскрывшей передъ нимъ одинъ изъ этихъ резоновъ сердца, «которыхъ разумъ не знаетъ», Паскаль превозглашаетъ свою вѣру въ дѣйствительный порядокъ и въ то, что теоріи его являются образомъ этого порядка, со дня на день становящимся все болѣе и болѣе яснымъ и вѣрнымъ.

Такъ и анализъ методовъ, которыми строятся физическія теоріи, доказываетъ намъ съ полной очевидностью, что теоріи эти не могутъ служить объясненіями экспериментальныхъ законовъ. Съ другой же стороны вѣра, которой этотъ анализъ не способенъ подтвердить, но и безсиленъ поколебать, говоритъ намъ, что теоріи эти не являются системой чисто искусственной, а онѣ представляютъ собой классификацію естественную. И здѣсь примѣнима слѣдующая глубокая мысль Паскаля: «Мы обнаруживаемъ безсиліе въ доказательствѣ,—безсиліе, котораго никакой догматизмъ побѣдить не можетъ; у насъ есть идея истиннаго, которой весь пирронизмъ побѣдить не можетъ».

§ V.—Теорія, предшествующая опыту.

Есть одно обстоятельство, на которомъ съ особой ясностью проявляется наша вѣра въ естественный характеръ теоретической классификаціи. Обстоятельство это проявляется тогда, когда мы требуемъ отъ теоріи, чтобы она насъ познакомила съ результатами опыта раньше, чѣмъ онъ былъ осуществленъ на дѣлѣ, когда мы предъявляемъ къ ней смѣлое требованіе: «предсказывай намъ»!

Наблюдатели установили значительное число экспериментань-

ныхъ законовъ. Теоретикъ собрался объединить ихъ въ очень небольшое число гипотезъ и совершилъ эту работу: каждый изъ экспериментальныхъ законовъ можетъ быть представленъ, какъ одно изъ послѣдствій, вытекающихъ изъ этихъ гипотезъ.

Но послѣдствій, которыя могутъ быть выведены изъ этихъ гипотезъ, безграничное множество. Можно изъ нихъ вывести и такія, которыя не соотвѣтствуютъ ни одному изъ установленныхъ уже раньше экспериментальныхъ законовъ, которыя представляютъ намъ просто экспериментальные законы—возможные.

Среди этихъ послѣдствій есть и такія, которыя связаны условіями, практически вполнѣ осуществимыми. Именно они представляютъ особый интересъ потому, что они могутъ быть провѣрены на дѣлѣ, могутъ быть поставлены на очную ставку съ дѣйствительными фактами. Если они представляютъ точно экспериментальные законы, регулирующіе эти факты, цѣнность теоріи возрастаетъ, область, которую она обнимаетъ, обогащается новыми законами. Напротивъ того, если среди этихъ послѣдствій оказывается и такое, которое находится въ противорѣчіи съ фактами, законъ которыхъ теорія должна представлять, то эта послѣдняя должна быть болѣе или менѣе видоизмѣнена, а, можетъ быть, и совершенно отвергнута.

Допустимъ на моментъ, что сопоставляются предсказанія теоріи съ данными дѣйствительности. Допустимъ, что мы хотимъ держать пари за или противъ теоріи. Какъ намъ поступить?

Допустимъ, что наша теорія есть система чисто искусственная, что въ гипотезахъ, на которыхъ она основана, мы видимъ положенія столь удачно составленныя, что они выражаютъ собой экспериментальные законы извѣстные уже, но мы не предполагаемъ въ нихъ никакого отраженія дѣйствительныхъ отношеній между реальностями, скрытыми отъ нашихъ глазъ. Въ такомъ случаѣ мы будемъ думать, что такого рода теорія скорѣе можетъ быть опровергнута, чѣмъ подтверждена вновь открытымъ закономъ, что было бы удивительной случайностью, если бы этотъ до сихъ поръ неизвѣстный законъ нашелъ вполнѣ подходящее для себя мѣсто, оставленное свободнымъ другими, открытыми уже законами. Само собою разумѣется, что основывать свои надежды именно на такой возможности было бы безуміемъ; ясно, что за это мы пари не держали бы.

Если же мы усматриваемъ въ нашей теоріи, напротивъ, классификацію естественную, если мы чувствуемъ, что принципы ея

выражаютъ глубокія и истинныя отношенія между вещами, мы не станемъ удивляться, если выводы изъ нея будутъ предупреждать самый опытъ и ускорять открытіе новыхъ законовъ. Въ такомъ случаѣ мы смѣло будемъ держать пари за эту теорію.

Требовать отъ классификаціи, чтобы она заранѣе указывала мѣсто фактамъ, подлежащимъ лишь открытію въ будущемъ, значить самымъ яснымъ образомъ показать, что мы считаемъ эту классификацію естественной. И когда опытъ подтверждаетъ предсказаніе нашей теоріи, мы чувствуемъ, какъ крѣпнетъ въ насъ убѣжденіе, что отношенія, установленныя нашимъ разумомъ между абстрактными понятіями, дѣйствительно соотвѣтствуютъ отношеніямъ между вещами.

Такъ, современныя химическія обозначенія, опираясь на развитыя формулы, образуютъ классификацію, обнимающую различныя соединенія. Удивительный порядокъ, который вноситъ эта классификація въ необъятный арсеналъ химіи, возбуждаетъ въ насъ увѣренность въ томъ, что это не система чисто искусственная. Аналогія между соединеніями и полученіе ихъ черезъ подстановку, связи, которыя такъ устанавливаются между соединеніями, имѣютъ смыслъ только въ нашемъ умѣ. И тѣмъ не менѣе мы убѣждены, что эти связи соотвѣтствуютъ родственнымъ отношеніямъ между самими вещами, природа которыхъ остается глубоко для насъ скрытой, но реальность которыхъ намъ однако не кажется сомнительной. Но это убѣжденіе тогда только превращается въ полную увѣренность, когда мы видимъ, какъ химическая теорія способна заранѣе писать формулы множества тѣлъ и синтезъ, руководствуясь этими указаніями, на самомъ дѣлѣ создаетъ множество вещей, составъ и даже своеобразіе которыхъ мы знали до самаго ихъ существованія.

Точно такимъ же образомъ, какъ предсказанные синтезы характеризуютъ систему химическихъ знаковъ, какъ классификацію естественную, такъ и физическая теорія докажетъ, что она есть отраженіе реальнаго порядка, если она будетъ предвосхищать данныя наблюденія.

И вотъ исторія физики даетъ намъ кучу примѣровъ такихъ прозорливыхъ предсказаній. Случалось, что теорія предвидѣла законы, не наблюденные еще, предвидѣла законы, которые казались невѣроятными, побуждая экспериментатора открывать ихъ и руководя имъ въ этомъ открытіи.

Академія Наукъ въ Парижѣ объявила конкурсъ на премію по физикѣ, которая должна была быть выдана на публичномъ засѣ-

данія ея въ мартѣ 1819 года. Тема: общее изслѣдованіе явленій преломленія свѣта. Изъ двухъ предложенныхъ работъ одна, которая и была удостоена преміи, имѣла авторомъ Френеля. Біо, Араго, Лапласъ, Гей-Люссакъ и Пуассонъ составляли комиссію.

Изъ принциповъ, выставленныхъ Френелемъ, Пуассонъ изящнымъ анализомъ сдѣлалъ слѣдующій странный выводъ: если на пути лучей, исходящихъ изъ свѣтящейся точки, помѣстить небольшой кругообразный и темный экранъ, то позади него и на самой его оси существуютъ точки, не только освѣщенныя, но точно столь же яркія, какъ будто между ними и источникомъ свѣта никакого экрана не было бы.

Подобнаго рода выводъ противорѣчилъ, казалось, самымъ древнимъ и наиболѣе надежнымъ экспериментальнымъ даннымъ. Вслѣдствіе этого онъ могъ, казалось, привести только къ одному—къ отверженію теоріи преломленія свѣта, предложенной Френелемъ. Ясность этой теоріи внушила однако же Араго довѣріе къ ея естественному характеру и онъ предпринялъ провѣрку ея. Наблюденіе дало результаты, совершенно согласовавшіеся съ столь мало вѣроятными, казалось, предсказаніями, основанными на вычисленіяхъ [1]).

Такимъ образомъ физическая теорія, какъ мы ее опредѣлили, даетъ сжатое описаніе большого множества экспериментальныхъ законовъ, благопріятствующее экономіи мышленія.

Она классифицируетъ эти законы. Классифицируя ихъ, она дѣлаетъ примѣненіе ихъ болѣе легкимъ и увѣреннымъ. Внося въ общую совокупность ихъ извѣстный порядокъ, она придаетъ имъ вмѣстѣ съ тѣмъ извѣстную красоту.

Совершенствуясь, она пріобрѣтаетъ характеръ естественной классификаціи. Группировки, которыя она создаетъ, позволяютъ предчувствовать дѣйствительныя родственныя связи между вещами.

Этотъ характеръ естественной классификаціи проявляется прежде всего въ плодотворности теоріи, предсказывающей экспериментальные законы, никогда еще не наблюденные и содѣйствующіе ихъ открытію.

И этого достаточно уже для того, чтобы разработка физическихъ теорій не была признана работой праздной и безполезной, хотя бы въ этой разработкѣ и не преслѣдовалась цѣль объясненія явленій.

---

[1]) Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel, t I, стр. 236, 365, 368.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Описательныя теоріи и исторія физики.

§ I. — Роль естественныхъ классификацій и объясненій въ развитіи физическихъ теорій.

Цѣлью физической теоріи мы считаемъ превращеніе ея въ классификацію естественную, созданіе между различными экспериментальными законами извѣстной логической связи, которая была бы какъ бы отраженнымъ изображеніемъ дѣйствительнаго порядка, характернаго для реальностей, недоступныхъ нашему воспріятію. Таково условіе плодотворности теоріи, ея способности подсказывать открытія.

Но противъ ученія, которое мы здѣсь развиваемъ, сейчасъ же возникаетъ слѣдующее возраженіе.

Если теорія должна стать естественной классификаціей, если ея задача группировать явленія такъ, какъ сгруппированы дѣйствительныя реальности, то не представляется ли самымъ вѣрнымъ методомъ для достиженія этой цѣли прежде всего изслѣдовать, каковы эти реальности? Вмѣсто *того, чтобы строить логическую систему*, которая въ формѣ наиболѣе сжатой, наивозможно точной воспроизводила бы экспериментальные законы въ надеждѣ, что эта логическая система въ концѣ концовъ превратится какъ бы въ отраженное изображеніе онтологическаго порядка вещей, не разумнѣе ли стремиться къ объясненію этихъ законовъ, къ тому, чтобы снять покровы со скрытыхъ отъ насъ дѣйствительныхъ вещей? И развѣ именно это не есть къ тому же путь, которымъ шли творцы науки? Не въ стремленіи ли къ объясненію физическихъ явленій народились эти плодотворныя теоріи, поразительныя предсказанія которыхъ вызываютъ наше изумленіе? Что можетъ

быть лучше, чѣмъ подражать этому примѣру и вернуться къ методамъ, осужденнымъ въ первой нашей главѣ?

Что многіе изъ геніальныхъ умовъ, которымъ мы обязаны современной физикой, строили свои теоріи въ надеждѣ дать явленіямъ природы объясненіе, что нѣкоторые полагали даже, что они добились такого объясненія, въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Но отсюда ничего еще не слѣдуетъ противъ мнѣнія нашего о физическихъ теоріяхъ, которое мы изложили выше. Фантастическія надежды могутъ дать толчекъ къ удивительнымъ открытіямъ, но отсюда еще не слѣдуетъ, чтобы эти открытія давали плоть и кровь химерамъ, давшимъ толчекъ къ ихъ нарожденію. Смѣлыя изысканія, давшія мощный толчекъ къ развитію географіи, обязаны своимъ происхожденіемъ искателямъ приключеній, искавшимъ страну, богатую золотомъ. Этого однако же далеко еще не достаточно для того, чтобы наносить Эльдорадо на наши географическія карты.

Такимъ образомъ, если кто хочетъ доказать, что отыскиваніе объясненій есть методъ, дѣйствительно плодотворный въ физикѣ, то недостаточно еще доказать, что значительное число теорій было создано мыслителями, которые стремились къ такимъ объясненіямъ. Необходимо, чтобы онъ доказалъ, что именно стремленіе къ отысканію этихъ объясненій есть та нить Аріадны, которая провела ихъ среди безпорядочной и спутанной кучи физическихъ законовъ и дала имъ возможность набросать планъ этого лабиринта.

Но такое доказательство не только невозможно, но даже поверхностнаго только изученія исторія физики достаточно, чтобы собрать въ изобиліи аргументы, приводящіе къ выводу противоположному.

Когда приступаютъ къ анализу теоріи, созданной физикомъ, поставившимъ себѣ задачу объяснить доступныя воспріятію явленія, то сейчасъ же обыкновенно оказывается, что теорія эта состоитъ изъ двухъ частей, прекрасно различимыхъ; одна изъ нихъ есть часть чисто описательная, задача которой — классифицировать экспериментальные законы; другая есть часть объяснительная, ставящая себѣ задачу постигнуть реальную дѣйствительность, существующую позади явленій.

Но объяснительная часть вовсе не является основой части описательной. Это не сѣмя, откуда эта послѣдняя выростаетъ и не корень, которымъ питается ростъ ея. Связь, существующая между обѣими частями, почти всегда бываетъ крайне слабой и искус-

ственной. Описательная часть развивается за собственный счетъ— спеціальными и самостоятельными методами теоретической физики. Это совершенно самостоятельно развившійся организмъ, который объяснительная часть обвиваетъ, подобно паразиту.

Не этой объяснительной части, не этому паразиту теорія обязана своей силой и своей плодотворностью. Далеко нѣтъ. Все, что есть хорошаго въ теоріи, благодаря чему она является классификаціей естественной, что даетъ ей возможность предвосхищать опытъ, заключается въ описательной части; все это было открыто физикомъ, когда онъ позабывалъ искать объясненія. Все же, что есть въ теоріи худого, что оказывается въ противорѣчіи съ фактами, содержится главнымъ образомъ въ части объяснительной, куда физикъ внесъ это, руководимый своимъ желаніемъ постигнуть реальности.

Отсюда вытекаетъ слѣдующее: когда прогрессъ экспериментальной физики приводитъ къ крушенію какой-нибудь теоріи, когда онъ требуетъ внесенія въ нее тѣхъ или другихъ поправокъ или полнаго ея преобразованія, часть чисто описательная почти вся въ цѣломъ входитъ въ новую теорію, передавая ей въ наслѣдство все, что было въ старой теоріи хорошаго и цѣннаго, между тѣмъ какъ объяснительная часть отпадаетъ, чтобы уступить свое мѣсто новому объясненію.

Такъ, всякая физическая теорія передаетъ по установившейся традиціи другой теоріи, явившейся на ея мѣсто съ развитіемъ науки, ту часть естественной классификаціи, которую она сумѣла построить, какъ въ извѣстныхъ играхъ древнихъ каждый, состязавшійся въ бѣгѣ, передавалъ горящій факелъ другому, слѣдовавшему за нимъ. И эта установившаяся традиція является залогомъ вѣчной жизни и прогресса науки.

Эта непрерывность традиціи застилается въ глазахъ поверхностнаго наблюдателя непрестаннымъ крахомъ объясненій, зарождающихся лишь для того, чтобы погибнуть.

Подтвердимъ сказанное выше нѣсколькими примѣрами. Воспользуемся для этого теоріями, возникшими для объясненія преломленія свѣта. Мы пользуемся этими теоріями не потому, что онѣ особенно подходятъ для доказательства нашей мысли, а, напротивъ того, именно потому, что люди, поверхностно изучавшіе исторію физики, могли бы подумать, что теорія эти наиболѣе важными своими успѣхами обязана отыскиванію объясненій.

Декартъ далъ теорію, описывающую явленія простого пре-

ломленія. Она образуетъ главное содержаніе обѣихъ удивительныхъ его работъ, діоптрики и метеоровъ, введеніемъ къ которымъ служитъ его статья о методѣ. На основаніи постоянной связи между синусомъ угла паденія и синусомъ угла преломленія луча въ ней просто и ясно излагаются свойства различныхъ шлифованныхъ стеколъ, какъ и снабженныхъ такими стеклами оптическихъ инструментовъ. Въ ней разбираются явленія, сопровождающія зрительное воспріятіе, и подвергаются анализу законы образованія радуги.

Кромѣ того Декартъ далъ и объясненіе явленій свѣта. Свѣтъ есть только явленіе, реальностью же является давленіе, вызванное быстрыми движеніями накаленныхъ тѣлъ, происходящими внутри весьма тонкаго вещества, проникающаго всѣ тѣла. Это тонкое вещество совершенно не упруго, такъ что давленіе, которое производитъ свѣтъ, мгновенно передается на всякое разстояніе. Какъ бы ни была удалена отъ источника свѣта какая-нибудь точка, она освѣщается въ тотъ самый моментъ, въ который онъ начинаетъ свѣтиться. Это мгновенное распространеніе свѣта есть абсолютно необходимое слѣдствіе всей системы физическихъ объясненій, созданной Декартомъ. Беекманъ не пожелалъ согласиться съ этимъ мнѣніемъ и по образцу Галилея пытался опровергнуть его при помощи—правда дѣтскихъ—опытовъ, и Декартъ писалъ ему: [1]) «Мнѣ эта теорія представляется столь несомнѣнной, что если бы—что невозможно—была доказана ошибочность ея, я готовъ былъ бы признать, что я рѣшительно ничего не понимаю въ философіи. Вы питаете столь великое довѣріе къ вашему опыту, что объявляете себя готовымъ признать всю вашу философію ложной, если нѣтъ никакого промежутка времени между моментомъ, въ который видно въ зеркалѣ движеніе фонаря, и моментомъ, въ который онъ виденъ въ рукѣ. Я же заявляю вамъ, что если бы этотъ промежутокъ времени былъ констатированъ наблюденіемъ, вся моя философія была бы поколеблена до основанія».

Страстные споры возбуждалъ вопросъ, нашелъ ли Декартъ самъ основной законъ преломленія свѣта или онъ заимствовалъ его у Snell'a, согласно навѣтамъ Гюйгенса. Вопросъ не выясненъ, но онъ насъ здѣсь и мало интересуетъ. Несомнѣнно одно, а именно, что законъ этотъ, что описательная теорія, для которой онъ слу-

---

[1]) Correspondance de Descartes, édition Paul Tannery et Ch. Adam. n° LVII, 22 août 1634, t. 1, стр. 307.

жить основой, вовсе не обязаны своимъ происхожденіемъ объясненію свѣтовыхъ явленій, предложенному Декартомъ. Своимъ происхожденіемъ она ни малѣйшимъ образомъ не обязана картезіанской космологіи. Создали ее исключительно опытъ, индукція и обобщеніе.

Болѣе того. Никогда Декартъ не пытался установить связь между закономъ преломленія и объяснительной теоріей свѣта.

Правда, въ началѣ діоптрики онъ приводитъ по поводу этого закона нѣкоторыя механическія аналогіи, сравниваетъ измѣненіе направленія луча при переходѣ изъ воздуха въ воду съ измѣненіемъ направленія движенія—съ силой брошеннаго—шара при переходѣ этого послѣдняго изъ одной опредѣленной среды въ другую, болѣе плотную. Но эти механическія сравненія, строгая правильность которыхъ могла бы дать поводъ къ кое-какой критикѣ, скорѣе связываютъ теорію преломленія съ теоріей испусканія лучей, теоріей, въ которой свѣтовой лучъ сравнивается съ кучей маленькихъ летящихъ тѣлецъ, съ силой отбрасываемыхъ свѣтящимся тѣломъ. Это объясненіе, нашедшее во времена Декарта поддержку у Гассенди и позднѣе вновь подхваченное Ньютономъ, не имѣетъ ни малѣйшей аналогіи съ картезіанской теоріей свѣта; она даже не совмѣстима съ ней.

Такимъ образомъ, между картезіанскимъ объясненіемъ свѣтовыхъ явленій и картезіанскимъ описаніемъ различныхъ законовъ преломленія нѣтъ никакой связи, никакого проникновенія другъ другомъ, а они существуютъ только рядомъ. И въ тотъ день, когда датскій астрономъ Реммеръ на основаніи своего изученія затменія спутниковъ Юпитера доказываетъ, что свѣтъ распространяется въ пространствѣ съ конечной и измѣримой скоростью, картезіанское объясненіе свѣтовыхъ явленій рушится однимъ ударомъ. Но, терпя крушеніе, она ни въ малѣйшей степени не увлекаетъ за собой ученія, которое описываетъ и классифицируетъ законы преломленія свѣта. Эта теорія всецѣло сохраняется и до настоящаго времени образуетъ наибольшую часть нашей элементарной оптики.

Когда свѣтовой лучъ изъ воздуха попадаетъ въ нѣкоторыя кристаллическія среды, какъ, напримѣръ, исландскій шпатъ, онъ дѣлится на два различно преломленныхъ луча, изъ которыхъ одинъ, обыкновенный лучъ, слѣдуетъ закону Декарта, а другой, необыкновенный лучъ, не подчиняется этому закону. Это «удивительное и необыкновенное преломленіе раскалывающагося кристалла изъ Исландіи» открылъ и изучилъ въ 1657 году

датчанинъ Эразмъ Бертельсенъ или Бартолинусъ [1]). Гюйгенсъ пытался формулировать теорію, которая охватывала бы и законы простого преломленія, составлявшіе предметъ изученія Декарта, и законы двойного преломленія. Ему удалось это въ полной мѣрѣ. Онъ не только получилъ изъ своихъ геометрическихъ конструкцій одинъ преломленный лучъ для аморфныхъ средъ и кубическихъ кристалловъ, какъ это и должно было быть, согласно закону Декарта, и два переломленныхъ луча въ кристаллахъ не кубическихъ, но и вывелъ изъ нихъ вполнѣ тѣ законы, которымъ подчинены эти два луча. Законы эти столь сложны, что опыту, ограниченному исключительно собственными своими средствами, никогда бы не выработать ихъ, но послѣ того, какъ теорія выразила ихъ въ опредѣленной формулѣ, они самымъ точнымъ образомъ были подтверждены опытомъ.

Вывелъ ли Гюйгенсъ эту прекрасную плодотворную теорію изъ принциповъ космологіи, изъ тѣхъ «доказательствъ механики», на основѣ которыхъ, по его словамъ, «истинная философія постигаетъ причину всѣхъ естественныхъ явленій»? Никоимъ образомъ. Пустое пространство, атомы, твердость ихъ, ихъ движенія—все это не играло ни малѣйшей роли въ созданіи этого описанія. Сравненіе между распространеніемъ звука и распространеніемъ свѣта, экспериментальное установленіе того факта, что одинъ изъ двухъ преломленныхъ лучей подчиняется закону Декарта, а другой—нѣтъ, счастливая и смѣлая гипотеза о формѣ поверхности свѣтовой волны внутри кристалловъ—вотъ средства, при помощи которыхъ великій голландскій физикъ вывелъ принципы своей классификаціи.

Но Гюйгенсъ не только не вывелъ теорію двойного преломленія изъ принциповъ атомистической физики. Даже когда эта теорія была открыта, онъ не пытался связать ее со своими принципами. Онъ, правда, представляетъ себѣ, чтобы дать себѣ отчетъ въ кристаллическихъ формахъ, что двойной шпатъ и горный кристаллъ состоятъ изъ правильно наложенныхъ слоевъ сфероидальныхъ молекулъ, подготовляя такимъ образомъ воззрѣнія Haüy и Bravais. Но, развивъ это допущеніе, онъ довольствуется тѣмъ, что пишетъ [2]): «Прибавлю только, что эти маленькіе сфероиды могутъ,

---

[1]) Erasmus Bartholinus: Experimenta crystalli Jslandici disdiaclastici, quibus mira et insolita refractio detegitur. Havniae, 1657.

[2]) Huygens: Traité de la lumiére, ou sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la réflexion et dans la réfraction, et particuliérement dans l'étrange réfraction du cristal d'Jslande. Edition W. Burckhardt, стр. 71.

пожалуй, помочь образованію допущенныхъ выше сфероидальныхъ свѣтовыхъ волнъ, такъ какъ и тѣ, и другія оріентированы одинаковымъ образомъ и имѣютъ параллельныя оси». Этой короткой фразой, въ которой онъ приписываетъ кристалламъ сотвѣтствующую форму, ограничивается все, что онъ считаетъ необходимымъ предпринять для объясненія формы поверхности свѣтовыхъ волнъ.

Такъ, и теорія его останется ненарушимой, между тѣмъ какъ различныя объясненія свѣтовыхъ явленій нарождаются одни за другими, хрупкія и недолговѣчныя, несмотря на всю вѣру въ ихъ долговѣчность со стороны ихъ творцовъ.

Благодаря вліянію Ньютона, торжествуетъ побѣду эммиссіонная теорія. Объясненіе, которое даетъ эта теорія, прямо противоположно тому, которое даетъ свѣтовымъ явленіямъ Гюйгенсъ, творецъ волнообразной теоріи свѣта. Изъ этого объясненія въ связи съ космологіей, основанной на ученіи о притяженіи, космологіей, которая находилась въ полномъ соотвѣтствіи съ принципами Босковича, но которую великій голландскій атомистъ назвалъ абсурдомъ, Лапласъ выводитъ подтвержденіе конструкцій Гюйгенса.

Лапласъ не только объясняетъ при помощи физической теоріи, основанной на ученіи о притяженіи, теорію простого и двойного преломленія, открытую физикомъ, придерживавшимся прямо противоположныхъ воззрѣній. Онъ не только выводитъ ее «изъ тѣхъ принциповъ, за которые мы обязаны благодарностью Ньютону и съ помощью которыхъ всѣ явленія движенія свѣта черезъ любое число прозрачныхъ средъ и черезъ атмосферу могутъ быть подвержены самымъ точнымъ вычисленіямъ» [1]. Болѣе того, онъ полагаетъ даже, что съ этой дедукціей возрастаетъ надежность и точность ихъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что рѣшеніе проблемы двойного преломленія, которое даетъ конструкція Гюйгенса, «можно разсматривать, какъ результатъ опыта и какъ одно изъ прекраснѣйшихъ открытій этого рѣдкаго генія... Можно безъ всякихъ сомнѣній отнести эту конструкцію къ самымъ надежнымъ и прекраснымъ результатамъ физики». Но «до сихъ поръ этотъ законъ былъ только результатомъ наблюденія, близкимъ къ дѣйствительности въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія, отъ которыхъ не свободны самые точные опыты. Теперь же онъ, благодаря простотѣ закона притяженія, отъ котораго онъ зависитъ, можетъ разсматриваться,

[1] Laplace: Exposition du systéme du monde, 1. IV. c. XVIII.: De l'attraction moléculaire.

какъ строго точный законъ». Въ своемъ довѣріи къ цѣнности объясненія, которое онъ даетъ, Лапласъ заходитъ даже такъ далеко, что онъ утверждаетъ, будто только это одно объясненіе можетъ устранить невѣроятность теоріи Гюйгенса и сдѣлать ее пріемлемой для ясно мыслящихъ умовъ, ибо «законъ этотъ постигла та же судьба, что и прекрасные законы Кеплера, долгое время не встрѣчавшіе признанія потому, что были связаны съ систематическими идеями, которыми этотъ великій мыслитель, къ несчастью, наполнилъ всѣ свои сочиненія».

Въ тотъ самый моментъ, въ который Лапласъ съ такимъ презрѣніемъ осуждаетъ волнообразную теорію свѣта, теорія эта, подтвержденная изслѣдованіями Юнга и Френеля, получаетъ перевѣсъ надъ эмиссіонной теоріей. Но, благодаря изслѣдованіямъ Френеля, волнообразная теорія свѣта подверглась глубокимъ измѣненіямъ. Свѣтовое колебаніе происходитъ уже не въ направленіи луча, а перпендикулярно къ нему. Аналогія между звукомъ и свѣтомъ, которой руководился Гюйгенсъ, исчезла. Тѣмъ не менѣе и новое объясненіе все еще приводитъ физиковъ къ принятію той конструкціи лучей, преломленныхъ въ кристаллѣ, которую представлялъ себѣ Гюйгенсъ.

Болѣе того. Съ измѣненіемъ объяснительной части ученія Гюйгенса описательная ея часть обогатилась: въ ней находятъ описаніе уже не одни только законы направленія лучей, но и законы ихъ поляризаціи.

Сторонники этой теоріи имѣли теперь полную возможность отвѣтить Лапласу тѣмъ же презрительнымъ сожалѣніемъ, которое онъ раньше выразилъ по отношенію къ нимъ. Трудно читать безъ улыбки строки, которыя писалъ великій математикъ въ то самое время, когда оптика Френеля уже торжествовала побѣду [1]). «Явленія двойного преломленія и аберраціи звѣздъ придаютъ, мнѣ кажется, эмиссіонной теоріи свѣта, если не полную достовѣрность, то, по меньшей мѣрѣ, величайшую вѣроятность. Явленія эти не объяснимы при помощи допущенія волнъ въ эфироподобной жидкости. То своеобразное свойство поляризованнаго луча, что онъ при прохожденіи черезъ другой кристаллъ, параллельный первому, не дѣлится больше, съ полной очевидностью показываетъ различныя дѣйствія одного и того же кристалла на различныя стороны свѣтовой частички».

Теорія преломленія, данная Гюйгенсомъ, не обнимаетъ всѣхъ

---

[1]) Laplace: Exposition du système du monde loc. cit.

возможныхъ случаевъ. Большая группа кристаллическихъ тѣлъ, двуосные кристаллы, обнаруживаютъ явленія, которыя не могутъ быть подъ нее подведены. Поэтому, Френель и задумалъ расширить предѣлы этой теоріи такимъ образомъ, чтобы она могла охватить законы не только простого преломленія и не только законы двойного преломленія въ одноосныхъ кристаллахъ, но и законы двойного преломленія въ кристаллахъ двуосныхъ. Какъ же онъ добился своей цѣли? Искалъ ли онъ объясненія характера распространенія свѣта въ кристаллахъ? Ничуть не бывало. Онъ добился ея интуиціей математика, безъ всякой гипотезы насчетъ природы свѣта и строенія прозрачныхъ тѣлъ. Онъ замѣтилъ, что всѣ поверхности волны, которыя разсматривалъ Гюйгенсъ, простой геометрической конструкціей могутъ быть выведены изъ одной опредѣленной поверхности второго порядка. Поверхность эта оказалась шаромъ для средъ съ простымъ преломленіемъ и эллипсоидомъ вращенія для одноосныхъ двупреломляющихъ средъ. И онъ предположилъ, что, если эту конструкцію примѣнить къ эллипсоиду съ тремя не равными осями, можно получить поверхность волны, соотвѣтствующую кристалламъ двуоснымъ.

Эта смѣлая интуиція увѣнчалась самымъ блестящимъ успѣхомъ. Теорія Френеля не только оказалась въ полномъ согласіи со всѣми опредѣленіями экспериментальными, но она дала и толчекъ къ предвидѣнію и открытію фактовъ неожиданныхъ и парадоксальныхъ, отыскивать которые экспериментаторъ, предоставленный самому себѣ, никогда и не подумалъ бы. Къ такимъ фактамъ принадлежатъ, напримѣръ, оба вида конической рефракціи. Великій математикъ, Гамильтонъ вывелъ изъ формы поверхности волны двуосныхъ кристалловъ законы тѣхъ удивительныхъ явленій, которыя затѣмъ были изслѣдованы и, дѣйствительно, открыты физикомъ Ллойдомъ.

Поэтому, теорія двойного преломленія въ двуосныхъ кристаллахъ и отличается той плодотворностью, тѣмъ свойствомъ, что на основаніи ея возможны предвидѣнія будущихъ фактовъ, которыя столь характерны для естественной классификаціи. И тѣмъ не менѣе она не явилась плодомъ попытки объясненія.

Этимъ мы вовсе не хотимъ сказать, что Френель не пытался объяснить форму поверхности волны, которую онъ получилъ. Напротивъ того, онъ увлекся этой попыткой съ такой страстью, что онъ не опубликовалъ даже метода, который на самомъ дѣлѣ привелъ его къ этому открытію. Методъ этотъ сталъ извѣстенъ лишь

послѣ его смерти, когда была, наконецъ, напечатана первая статья его о двойномъ преломленіи [1]). Въ сочиненіяхъ же о двойномъ преломленіи, опубликованныхъ при его жизни, Френель безъ устали пытается при помощи гипотезъ о свойствахъ эфира снова найти тѣ законы, которые онъ открылъ; «но гипотезы эти, на которыхъ онъ строилъ свои принципы, не выдерживали болѣе или менѣе основательной критики» [2]). Теорія Френеля поразительна, когда она ограничивается ролью естественной классификаціи, но она становится непріемлемой, какъ только она претендуетъ стать объясненіемъ.

И такимъ же образомъ дѣло обстоитъ съ большинствомъ физическихъ теорій. Долговѣчна и плодотворна въ нихъ затраченная логическая работа, въ результатѣ которой получается естественная классификація большого числа законовъ выводомъ всѣхъ ихъ изъ немногихъ принциповъ. Неплодотворна и преходяща работа, затраченная на объясненіе этихъ принциповъ съ цѣлью связать ихъ при помощи допущеній съ реальностями, скрывающимися позади доступныхъ воспріятію явленій.

Часто сравнивали прогрессъ науки съ морскимъ приливомъ. Въ примѣненіи къ развитію физическихъ теорій сравненіе это намъ кажется особенно справедливымъ и можетъ быть прослѣжено до самыхъ мелкихъ деталей.

Человѣкъ, который бросаетъ лишь бѣглый взглядъ на волны, готовыя залить прибрежье, не замѣчаетъ наростанія прилива. Онъ видитъ, какъ волна поднимается, набѣгаетъ, пѣнясь, скрываетъ подъ собой узкую полоску песочной отмели и отступаетъ назадъ, снова обнаживъ территорію, которая казалась уже завоеванной. За ней набѣгаетъ другая волна; она часто заливаетъ бо́льшій участокъ земли, чѣмъ прежняя, а часто не достигаетъ и того камня, который былъ уже омоченъ первой волной. Но позади этого движенія взадъ и впередъ, которое бросается въ глаза поверхностному наблюдателю, наростаетъ движеніе другое, болѣе глубокое, болѣе медленное и поверхностнымъ наблюдателемъ незамѣченное, движеніе, постоянно наростающее въ одномъ и томъ же направленіи,— движеніе, которымъ уровень моря постепенно поднимается. Волны, набѣгающія и отступающія назадъ, представляютъ собою вѣрное

---

[1]) См. l'Introduction aux oeuvres d'Augustin Fresnel, par E. Verdet, art. 11 et 12 (Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel, t 1, p. LXX et p. LXXVI.

[2]) E. Verdet: loc. cit., p. 84.

изображеніе тѣхъ попытокъ объясненія, которыя отцвѣтаютъ, не успѣвши расцвѣсть. Подъ ихъ прикрытіемъ совершается медленное и постоянное развитіе естественной классификаціи, приливъ которой завоевываетъ все новыя и новыя области и обезпечиваетъ за физическими теоріями непрерывность традиціи.

§ II.—Мнѣнія физиковъ о природѣ физическихъ теорій.

Одинъ изъ мыслителей, съ наибольшей живостью защищавшихъ ту мысль, что физическія теоріи должны разсматриваться только какъ обобщенныя описанія, а не какъ объясненія, именно Эрнстъ Махъ, писалъ по этому поводу слѣдующее [1]).

«Представленіе объ экономіи нашего мышленія развилось у меня съ опытомъ преподавателя, въ практикѣ преподаванія. Оно было у меня уже, когда я приступилъ къ своимъ лекціямъ въ 1861 году въ качествѣ приватъ-доцента и — что вполнѣ простительно—полагалъ тогда, что я одинъ обладаю имъ. Въ настоящее время я, напротивъ того, убѣжденъ въ томъ, что, по меньшей мѣрѣ, предчувствіе этого взгляда должно было быть общимъ достояніемъ всѣхъ ученыхъ изслѣдователей, задумывавшихся вообще надъ процессомъ изслѣдованія, какъ таковымъ».

И дѣйствительно, уже съ древнѣйшихъ временъ жили философы, которые вполнѣ правильно распознали, что физическія теоріи вовсе не суть объясненія, что гипотезы ихъ вовсе не представляютъ собой сужденія о природѣ вещей, а они суть только предположенія, изъ которыхъ могли бы быть сдѣланы выводы, согласные съ законами, экспериментально установленными.

Греки знали, собственно, одну только физическую теорію, именно, теорію движенія небесныхъ тѣлъ. Обсуждая же системы космографическія, они выразили и развили свои идеи о физической теоріи. Другія же теоріи, относимыя въ настоящее время къ физикѣ и развитыя ими до извѣстной степени совершенства, каковы теорія равновѣсія рычага и гидростатика, основывались на принципахъ, природа которыхъ не могла быть подвержена сомнѣнію. Вопросы Архимеда были, очевидно, положеніями, имѣющими своимъ источникомъ опытъ и преобразованными обобщеніемъ. Положенія эти были обобщены и классифицированы на основаніи согласія ихъ выводовъ съ фактами, но безъ всякой попытки объясненія.

[1]) Э. Махъ, Механика, переводъ Г. А. Котляра, стр. 413.

При оцѣнкѣ теоріи движенія небесныхъ тѣлъ греки прекрасно различали между тѣмъ, что касается физика—въ настоящее время мы сказали бы: метафизика—и тѣмъ, что касается астронома. Физикъ долженъ былъ рѣшить на основаніи доказательствъ космологіи, каковы дѣйствительныя движенія небесныхъ тѣлъ. Астроному же нечего задумываться надъ тѣмъ, дѣйствительны ли движенія, которыя онъ себѣ представляетъ, или фиктивны: его задача точно описать относительныя перемѣщенія небесныхъ тѣлъ [1]). Въ своихъ прекрасныхъ изслѣдованіяхъ *космографическихъ системъ грековъ* Чіапарелли освѣтилъ одно замѣчательное мѣсто, характеризующее это различеніе между астрономіей и физикой. Мѣсто это, принадлежащее Посидонію, резюмированное или цитированное Гемниусомъ, было сохранено для насъ Симплиціусомъ. Вотъ это мѣсто: «Абсолютно говоря, не дѣло астрономіи знать, что въ природѣ неподвижно и что въ ней движется. Но среди гипотезъ, относящихся къ тому, что неподвижно, и къ тому, что движется, она изслѣдуетъ тѣ, которыя соотвѣтствуютъ небеснымъ явленіямъ. За принципами же нужно обратиться къ физику».

Въ этихъ идеяхъ ясно выражено чистое ученіе перипатетиковъ. Именно ихъ вліянію мы обязаны нѣкоторыми мѣстами въ сочиненіяхъ астрономовъ древности. Схоластика формально одобрила ихъ. Дѣло физики, т. е. космологіи, подробно разбираться въ явленіяхъ астрономическихъ, обращаясь къ дѣйствительнымъ ихъ причинамъ. Дѣло же астрономіи — наблюденіе явленій и изученіе тѣхъ выводовъ, которые могутъ быть сдѣланы съ помощью данныхъ математики. «Астрономія,—говоритъ Ѳома Аквинскій, комментируя физику Аристотеля,—имѣетъ заключенія, общія съ физикой. Но не будучи чистой физикой, она доказываетъ ихъ другими средствами. Такъ, физикъ доказываетъ, что земля шарообразна, на основаніи нѣкотораго физическаго метода, указывая, напримѣръ, на то, что части ея притягиваются со всѣхъ сторонъ и всѣ одинаково къ одному центру. Астрономъ же доказываетъ то же самое, исходя изъ фигуры луны во время затменій или изъ того факта, что звѣзды не во всѣхъ частяхъ земли видны одинаковымъ образомъ».

---

[1]) Мы пользуемся нѣкоторыми изъ выводовъ, вытекающихъ изъ одной очень важной статьи M. P. Mansion'a: Note sur le caractère géométrique de l'ancienne astronomie (Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik, IX Leipzig, B. G. Teubner). См. также P. Mansion: Sur les principes fondamentaux de la géométrie de la mécanique et de l'astronomie. Paris, Gauthier—Villars, 1903.

Исходя изъ этого-то взгляда на роль астрономіи, Ѳома Аквинскій слѣдующимъ образомъ выражается о движеніи планетъ: въ своихъ комментаріяхъ къ сочиненію Аристотеля De coelo «Астрономы всячески старались объяснить это движеніе. Но вовсе не необходимо, чтобы допущенія, придуманныя ими, соотвѣтствовали дѣйствительности, ибо явленія, обнаруживаемыя звѣздами, можетъ быть, могутъ быть объяснены и другимъ какимъ либо родомъ движенія, людямъ еще неизвѣстнымъ. Аристотель же пользуется такими допущеніями относительно природы движенія, какъ будто бы они соотвѣтствовали дѣйствительности».

Приведемъ еще одно мѣсто изъ сочиненія его Somme théologique (1,32), гдѣ авторъ еще яснѣе отмѣчаетъ неспособность физическаго метода достичь опредѣленнаго объясненія: «есть,—говоритъ онъ,—два различныхъ способа найти основаніе какой-нибудь вещи. Первый состоитъ въ томъ, что доказывается достаточно удовлетворительнымъ образомъ извѣстный принципъ. Такъ, въ космологіи (Scientia naturalis) дается достаточное основаніе для доказательства, что движеніе неба однородно. По второму способу не приводится основаніе, доказывающее достаточнымъ образомъ какой-нибудь принципъ, а выставляется извѣстный принципъ и доказывается, что выводы изъ него согласуются съ фактами. Такъ, мы въ астрономіи пользуемся гипотезой эпицикловъ и эксцентрическихъ круговъ потому, что съ точки зрѣнія этой гипотезы явленія небесныхъ движеній, доступныя нашему наблюденію, не возбуждаютъ сомнѣній. Но это не достаточное основаніе, которое могло бы доказать правильность этой гипотезы, потому что явленія эти, можетъ быть, не возбудятъ сомнѣній и въ случаѣ другой гипотезы».

Это мнѣніе о роли и природѣ астрономическихъ гипотезъ находится въ полномъ согласіи со множествомъ мѣстъ изъ сочиненій Коперника и его комментатора Ретикуса. Въ своемъ сочиненіи «Commentariolus de hypothesibus motuum coelestium a se costitutis» Коперникъ приводитъ, какъ извѣстно, только неподвижность солнца и подвижность земли, какъ постулаты, признанія которыхъ онъ требуетъ: Si nobis aliquae petitiones... concedentur. Правда, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ своего сочиненія De revolutionibus coelestibus libri sex онъ менѣе осторожно отзывается о реальности своихъ гипотезъ, чѣмъ ученіе заимствованное у схоластиковъ и изложенное имъ въ своей книгѣ Commentariolus.

Это послѣднее ученіе было формально провозглашено въ зна-

менитомъ введенія, которое написалъ Осіандеръ къ сочиненію: De revolutionibus coelestibus libri sex. Осіандеръ выражается слѣдующимъ образомъ: «Neque enim necesse est eas hypotheses esse veras, imo, ne verisimiles quidem; sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant. [Ибо вовсе не необходимо, чтобы эти гипотезы были истинными, ни даже, чтобы онѣ были вѣроятными; достаточно одно только, если онѣ соотвѣтствуютъ вычисленіямъ, вытекающимъ изъ наблюденій.] И онъ заканчиваетъ свое введеніе слѣдующими словами: Neque quisquam, quod ad hypotheses attinet, quicquam certi ab astronomia expectet, cum nihil tale praestare queat.

Такое ученіе объ астрономическихъ гипотезахъ привело въ возмущеніе Кеплера [1]): «Никогда, говоритъ онъ въ своемъ наиболѣе раннемъ сочиненіи [2]), я не могъ согласиться съ мнѣніемъ людей, приводящихъ вамъ примѣръ какого-нибудь случайнаго доказательства, гдѣ изъ ложныхъ предпосылокъ правильный силлогизмъ ведетъ къ какому-нибудь правильному заключенію, и старающихся, ссылаясь на этотъ примѣръ, доказать, что допущенныя Коперникомъ гипотезы могли быть ложны и тѣмъ не менѣе изъ нихъ могли слѣдовать истинныя φαινόμενα, какъ изъ собственныхъ своихъ принциповъ... Я не задумаюсь заявить, что все то, что Коперникъ обобщилъ a posteriori и подтвердилъ наблюденіемъ, могло бы быть безъ особаго труда доказано при помощи геометрическихъ аксіомъ и a priori и доказано съ такимъ даже совершенствомъ, что, живи Аристотель, онъ съ радостью согласился бы съ этимъ».

Это довѣріе—полное энтузіазма и нѣсколько наивное—къ без-

[1]) Въ 1597 году Николай Раймарусъ Урсусъ обнародовалъ въ Прагѣ сочиненіе подъ заглавіемъ: De hipothesibus astronomicis, въ которомъ онъ поддерживалъ мнѣнія Осіандера, преувеличивъ ихъ. Года три спустя, въ 1600 или 1601 г., Кеплеръ отвѣтилъ на это слѣдующимъ сочиненіемъ: Ioannis Kepleri apologia Tychonis contra Nicolaum Raymarum Ursum. Сочиненіе это осталось въ рукописи и весьма незаконченнымъ и было обнародовано только въ 1858 г. Фришемъ (Ioannis Kepleri astronomi Opera omnia, t. I, стр. 215, Francfort sur-le-Mein et Erlangen). Въ этомъ сочиненіи мы находимъ живыя возраженія противъ мыслей Осіандера.

[2]) Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum... a M. Ioanne Keplero Wirtembergio, Tubingae Georgius Gruppenbachius, MDXCVI;—Ioannis Kepleri astronomi Opera omnia, t. I, стр. 112—153.

граничному могуществу физическаго метода слабѣетъ у великихъ изслѣдователей XVII вѣка. Галилей прекрасно различаетъ между точкой зрѣнія астрономіи, гипотезы которыхъ никакого другого подтвержденія не могутъ имѣть, кромѣ согласія своего съ опытомъ, и точкой зрѣнія философіи природы, постигающей реальности. Онъ утверждаетъ, что, когда онъ говоритъ о движеніи земли, онъ говоритъ только, какъ астрономъ, и вовсе не выдаетъ свои допущенія за истины. Но эти различенія его являются у него ничѣмъ инымъ, какъ лишь увerткой, чтобы укрыться отъ цензуры церкви. Судьи **его** не видѣли въ нихъ искренниxъ мнѣній ученаго, и они были бы слишкомъ мало проницательны, если бы они не замѣтили этой неискренности. Если бы они полагали, что Галилей, дѣйствительно, говорилъ, какъ астрономъ, а не какъ натуръ-философъ, какъ физикъ, какъ они выражались, если бы они усматривали въ его теоріяхъ лишь систему, **описывающую** движенія небесныхъ тѣлъ, а не ученіе о **дѣйствительной природѣ** астрономическихъ явленій, они не подвергали бы его идей цензурѣ. Въ этомъ убѣждаетъ насъ письмо главнаго противника Галилея, кардинала Беллармина, отъ 12 апрѣля 1615 года къ Фоскарини [1]). Онъ писалъ въ немъ: «Ваше Преподобіе и господинъ Галилей поступятъ благоразумно, если они ограничатся тѣмъ, что будутъ говорить ex suppositione, а не абсолютно, какъ это всегда дѣлалъ, мнѣ кажется, Коперникъ. Въ дѣйствительности очень хорошо поступаетъ тотъ, кто говоритъ, что, предполагая землю подвижной, а солнце неподвижнымъ, мы гораздо лучше отдаемъ себѣ отчетъ во всѣхъ явленіяхъ, чѣмъ это можно было бы сдѣлать при помощи эксцентрическихъ круговъ и эпицикловъ. Это не представляетъ ни малѣйшей опасности и вполнѣ достаточно для математика». Въ этой цитатѣ Беллърминъ удерживаетъ обычное у схоластиковъ различеніе между методомъ физическимъ и метафизическимъ—различеніе, которое для Галилея, правда, было одной лишь увerткой.

Но наибольшая заслуга въ дѣлѣ разрушенія стѣны между физическимъ методомъ и методомъ метафизическимъ и сліянія ихъ областей, которыя философія перипатетиковъ строго раздѣляла, принадлежитъ, безъ сомнѣнія, Декарту.

Методъ Декарта подвергаетъ сомнѣнію принципы всѣхъ нашихъ познаній, и онъ не отказывается отъ этого методическаго сомнѣнія до того момента, пока ему не удается доказать правильность ихъ

---

[1]) Grisar, Galilei —Studien, Beilage IX. Regensburg, 1882.

при помощи длинной цѣпи дедукцій, началомъ которыхъ служитъ его знаменитое Cogito, ergo sum. Нѣтъ ничего болѣе противоположнаго, чѣмъ подобный методъ и концепція перипатетиковъ, согласно которой такая наука, какъ физика, покоится на принципахъ, очевидныхъ сами по себѣ—принципахъ, отношеніе къ которымъ со стороны метафизики можетъ быть одно: она можетъ изслѣдовать ихъ природу, но никоимъ образомъ не можетъ усилить достовѣрность ихъ.

Первое физическое положеніе, которое выставляетъ Декартъ, слѣдуя своему методу [1]), формулируетъ и выясняетъ истинную сущность матеріи: «Природа тѣлъ состоитъ только въ томъ, что она представляетъ собою субстанцію, протяженную въ длину, ширину и глубину». Разъ такимъ образомъ установлена сущность матеріи, можно чисто геометрическими разсужденіями вывести изъ нея объясненіе всѣхъ явленій природы. «Я не допускаю принциповъ въ физикѣ—говоритъ Декартъ, резюмируя методъ, которому онъ желаетъ слѣдовать при изученіи этой науки,—которые не были бы допустимы и въ математикѣ, чтобы подтвердить доказательствами все, что я вывелъ, и этихъ принциповъ достаточно, чтобы при ихъ помощи объяснить всѣ явленія природы».

Смѣлая формула картезіанской космологіи гласитъ: человѣкъ знаетъ самую сущность матеріи, которая есть протяженность; онъ можетъ отсюда чисто логическимъ путемъ вывести всѣ свойства матеріи; различіе между физикой, изучающей явленія и ихъ законы, и метафизикой, пытающейся распознать сущность матеріи, по сколько она есть причина явленій и основаніе существованія законовъ, тѣмъ самымъ рушится; разумъ не исходитъ изъ знанія явленій, чтобы придти къ знанію матеріи, а онъ знаетъ сначала самую природу матеріи и выводитъ отсюда объясненіе явленій.

Этотъ многозначительный принципъ Декартъ развиваетъ до послѣднихъ, логически изъ него вытекающихъ, послѣдствій. Онъ не довольствуется утвержденіемъ, что объясненіе всѣхъ явленій природы можетъ быть всецѣло выведено исключительно изъ положенія: «сущность матеріи есть протяженность», а онъ пытается развить это объясненіе до мельчайшихъ деталей. Онъ старается, исходя изъ этого опредѣленія, построить міръ при помощи двухъ данныхъ: фигуры и движенія. И когда его работа закончена, онъ останавливается передъ ней и заявляетъ, что здѣсь ничего болѣе не хва-

---

[1]) Descartes. Principia Philosophiae, pars. IIIa, 4.

таетъ: «Нѣтъ явленія въ природѣ, которое не содержалось бы въ томъ, что было объяснено въ этой работѣ»—такъ гласитъ заглавіе одного изъ послѣднихъ параграфовъ [1]) его «принциповъ философіи».

При всемъ томъ Декартъ испугался, повидимому, на одинъ моментъ смѣлости своего космологическаго ученія и попытался сблизить его съ ученіемъ перипатетиковъ. Это явствуетъ изъ одной цитаты [2]) изъ его «Принциповъ». Приведемъ всю эту цитату, такъ какъ она близко касается вопросовъ, которые насъ здѣсь занимаютъ:

«Намъ возразятъ, можетъ быть, еще слѣдующее. Я представилъ себѣ причины, которыя могли вызвать явленія, сходныя съ явленіями видимаго міра. Тѣмъ не менѣе отсюда не слѣдуетъ дѣлать того заключенія, что эти явленія на самомъ дѣлѣ были вызваны именно этими причинами. Искусный часовыхъ дѣлъ мастеръ можетъ изготовить двѣ пары часовъ, которые одинаковымъ образомъ показывали бы часы и между которыми съ внѣшней стороны не было бы ни малѣйшей разницы, но которые не имѣли бы ничего сходнаго во внутреннемъ строеніи и сочетаніи колесъ. Такъ и Всевышній имѣетъ безконечное множество различныхъ средствъ, при помощи которыхъ Онъ могъ бы сдѣлать, чтобы всѣ вещи этого міра казались намъ такими, какими онѣ теперь намъ кажутся, и сдѣлать это такъ, чтобы уму человѣческому не доступно было знать, какимъ изъ этихъ различныхъ средствъ Ему угодно было на самомъ дѣлѣ воспользоваться. Но съ этимъ возраженіемъ мнѣ совсѣмъ не трудно согласиться. Для меня было бы достаточно, если бы причины, которыя я вообразилъ себѣ, дѣйствительно были таковы, что всѣ явленія, къ которымъ онѣ могли-бы привести, были бы сходны съ тѣми, которыя мы видимъ въ мірѣ. Для меня было бы тогда безразлично, вызваны ли эти явленія видимаго нами міра, дѣйствительно, тѣми причинами или какими-либо другими. Но достаточно полезно, мнѣ кажется, для жизни знать и воображаемыя причины, разъ это приводитъ къ тѣмъ же результатамъ, какъ если бы мы знали истинныя причины. Ибо и медицина и механика, какъ и всѣ вообще искусства, для которыхъ необходимо знаніе физики, имѣютъ одну только цѣль: примѣнить одни доступныя воспріятію тѣла къ другимъ, чтобы на основаніи естественныхъ причинъ вызвать опредѣленное явленіе чувственнаго міра. Этого же можно до-

---

[1]) Descartes. Principia Philosophiae, pars. IVa, 199.

[2]) Descartes. Ibid, pars. IVa, 204.

стичь одинаково хорошо, исходя изъ причинъ, хотя бы и ложныхъ, но такъ представленныхъ, что вытекающія изъ нихъ послѣдствія сходны съ явленіями видимаго міра. И чтобы никто не могъ вообразить, будто Аристотель претендовалъ на большее, онъ самъ говоритъ въ началѣ VII-ой главы первой книги Météores слѣдующее: «Что касается вопроса о томъ, каковы тѣ вещи, которыя не даны нашимъ чувствамъ, то онъ полагаетъ, что сдѣлалъ достаточно, если показалъ только, что онѣ могутъ быть такими, какими онъ ихъ представилъ».

Но уступка этого рода идеямъ школы находится, очевидно, въ полномъ противорѣчіи съ методомъ самого Декарта. И здѣсь передъ нами одна изъ уловокъ противъ цензуры святой инквизиціи, къ которой прибѣгалъ великій философъ, чрезвычайно взволнованный, какъ извѣстно, осужденіемъ Галилея. Въ концѣ концовъ Декартъ самъ испугался, повидимому, какъ бы не приняли слишкомъ въ серьезъ его благоразумную осторожность, потому что за этимъ параграфомъ слѣдуютъ два другихъ, озаглавленныхъ слѣдующимъ образомъ: „Мы имѣемъ, по крайней мѣрѣ, моральную увѣренность въ томъ, что всѣ вещи этого міра таковы, какими, согласно нашимъ допущеніямъ, онѣ могутъ быть; и мы имѣемъ даже болѣе, чѣмъ моральную увѣренность въ этомъ“.

И дѣйствительно, слова «моральная увѣренность» не достаточны для того, чтобы выразить то безграничное довѣріе, которое питалъ Декартъ къ своему методу. Онъ не только вѣрилъ въ то, что онъ далъ удовлетворительное объясненіе всѣхъ явленій природы, но онъ полагалъ также, что это объясненіе есть единственно возможное и что онъ можетъ доказать его математически. «Что касается физики, писалъ онъ 11 марта 1640 года Мерсенну [1]), то я считалъ бы, что я не знаю ничего о ней, если бы я могъ только сказать, какъ вещи могутъ быть, не доказавъ, что онѣ не могутъ быть иными. Такъ какъ я все свелъ къ законамъ математики, то и это возможно, я полагаю, сдѣлать по отношенію ко всему, что я знаю, хотя я этого и не сдѣлалъ въ моихъ Essais, въ которыхъ я не пожелалъ развить своихъ принциповъ, да и до сихъ поръ не видѣлъ повода, который побудилъ бы меня это сдѣлать въ будущемъ».

Эта гордая увѣренность въ безграничномъ могуществѣ метафизическаго метода могла бы только вызвать презрительную улыбку

[1]) Descartes: Oeuvres, édition P. Tannery et Ch. Adam. Correspondance, t. III, стр. 39.

на губахъ Паскаля. Если даже допустить, что матерія есть ничто иное, какъ протяженность въ длину, ширину и глубину, какое безуміе выводить изъ этого допущенія детальное объясненіе міра! «Въ общемъ и цѣломъ можно только сказать: это дѣлается черезъ форму и движеніе, ибо это истинно. Но сказать, какъ это происходитъ, и строить мірозданіе было бы смѣшно, ибо это безполезно, недостовѣрно и трудно» [1]).

Знаменитый соперникъ Паскаля, Христіанъ Гюйгенсъ, не обнаруживаетъ той же строгости по отношенію къ методу, претендующему вывести изъ космологическихъ принциповъ объясненіе явленій природы. Нѣтъ сомнѣнія, что объясненія Декарта ему кажутся неосновательными во многихъ пунктахъ, но это потому, что космологія его, которая сводитъ матерію къ протяженности, не есть здравая философія природы. Такой философіей является физика атомистовъ. Вотъ изъ нея, можно надѣяться, удастся вывести, правда, съ большими трудностями, объясненіе явленій природы.

«Ни одинъ изъ предшественниковъ Декарта [2]) не познавалъ лучше его то, что ничего полезнаго нельзя понять въ физикѣ, кромѣ того, что можно свести къ принципамъ, которые не выходятъ за предѣлы нашего разума. Таковы принципы, которые зависятъ отъ тѣлъ, разсматриваемыхъ безъ ихъ качествъ, и движеній этихъ тѣлъ. Но величайшая трудность заключается въ томъ, чтобы показать, какимъ образомъ такое множество различныхъ вещей обязано своимъ происхожденіемъ этимъ немногимъ принципамъ. Неудивительно, поэтому, что въ нѣкоторыхъ спеціальныхъ вопросахъ, которые онъ предлагалъ изслѣдовать, его попытки не увѣнчались успѣхомъ. Къ этимъ вопросамъ принадлежитъ, по моему мнѣнію, проблема тяжести. Объ этомъ нетрудно будетъ судить по нѣкоторымъ моимъ замѣчаніямъ о томъ, что онъ писалъ по этому поводу. Къ нимъ я могъ бы прибавить еще нѣкоторыя. При всемъ томъ я долженъ сознаться, что его попытки и воззрѣнія, хотя и ложныя, все же проложили мнѣ путь къ тому, что я самъ нашелъ въ этомъ дѣлѣ».

«Я не говорю, что все сказанное мною свободно отъ всякихъ сомнѣній или возраженій. Слишкомъ трудно идти такъ далеко въ изслѣдованіяхъ этого рода. При всемъ томъ я думаю, что, если

---

[1]) Pascal: Pensées, édition Havet, art. 24. Этой мысли предшествуютъ слѣдующія слова: «Написано противъ тѣхъ, которые слишкомъ углубляютъ науку: Декартъ».

[2]) Christian Huygens. Discours de la cause de la Pesanteur. Leyde, 1690.

основная моя гипотеза не вѣрна, то остается мало надежды, что ее удастся найти въ предѣлахъ истинной и здравой философіи».

Не успѣлъ еще Гюйгенсъ напечатать свою работу Discours de la cause de la Pesanteur послѣ того, какъ онъ сдѣлалъ о ней сообщеніе въ Академіи Наукъ въ Парижѣ, какъ появилось безсмертное сочиненіе Ньютона Philosophiae naturalis principia mathematica. Это сочиненіе, преобразовавшее механику неба, открыло путь воззрѣніямъ на сущность физическихъ теорій, прямо противоположнымъ—воззрѣніямъ Декарта и Гюйгенса.

Ньютонъ съ полной ясностью высказываетъ во многихъ мѣстахъ своего сочиненія свой взглядъ на конструкцію физическихъ теорій.

Внимательное изученіе явленій и ихъ законовъ даетъ возможность физику открыть при помощи характернаго для него индуктивнаго метода нѣсколько принциповъ, весьма общихъ, откуда могутъ быть выведены всѣ экспериментальные законы; такъ всѣ небесныя явленія обобщены въ принципѣ всемірнаго тяготѣнія.

Такое обобщенное описаніе не есть объясненіе. Благодаря принципу взаимнаго притяженія, которое механика неба принимаетъ между двумя любыми частями матеріи, мы можемъ подвергнуть всѣ небесныя движенія вычисленіямъ, но этимъ ничуть не вскрывается еще дѣйствительная причина этого притяженія. Должны ли мы въ этомъ усматривать основное свойство матеріи, ни къ чему иному не сводимое болѣе? Слѣдуетъ ли разсматривать его, какъ это и дѣлалъ Ньютонъ въ нѣкоторые періоды своей жизни, какъ результатъ толчковъ, вызванныхъ нѣкоторымъ эфиромъ? Трудные вопросы, рѣшеніе которыхъ сможетъ быть получено развѣ лишь въ будущемъ. Во всякомъ случаѣ изслѣдованіе этихъ вопросовъ есть дѣло философа, но не физика. Каковъ бы ни былъ результатъ, созданная физикомъ описательная теорія сохранитъ вполнѣ всю свою цѣнность.

Приведемъ еще ученіе, которое въ краткихъ словахъ сформулировано въ Scholium generale, заключеніи его книги «Принципы естественной философіи».

«До сихъ поръ я при помощи силы тяжести, описалъ явленія, небесныя и наблюдаемыя въ нашихъ моряхъ, но я не указалъ еще причины этой тяжести. Нѣтъ сомнѣнія, что сила эта исходитъ изъ причины, проникающей до центра солнца и планетъ, не ослабляясь. Она пропорціональна не поверхности твердыхъ частичекъ, на которыя она дѣйствуетъ, какъ это обыкновенно бы-

ваетъ съ механическими причинами, а ихъ объему. Дѣйствія ея распространяются по всѣмъ направленіямъ на огромныя разстоянія, убывая обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Тяготѣніе къ солнцу слагается изъ различныхъ силъ тяготѣнія, исходящихъ изъ отдѣльныхъ небольшихъ частичекъ солнца, а съ удаленіемъ отъ солнца до орбиты Сатурна, (какъ это явствуетъ изъ неизмѣнности афелій планетъ и до крайнихъ афелій кометъ, если эти афеліи вообще неизмѣнны) она убываетъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Но до сихъ поръ мнѣ не удалось вывести изъ явленій причину этихъ свойствъ тяготѣнія, а гипотезъ я не строю. Ибо все то, что не можетъ быть выведено изъ явленій, должно быть названо гипотезой. Гипотезамъ — будь то метафизическія или физическія гипотезы, прибѣгають ли онѣ къ помощи причинъ скрытыхъ или механическихъ — нѣтъ мѣста въ философіи экспериментальной. Въ этой философіи положенія выведены изъ явленій и обобщены индукціей. Именно такимъ образомъ были изучены непроницаемость, подвижность, живая сила тѣлъ, какъ и законы движеній и тяготѣнія. И достаточно то, что это тяготѣніе на самомъ дѣлѣ существуетъ, дѣйствуетъ, согласно изложеннымъ нами законамъ, и достаточно для объясненія всѣхъ движеній небесныхъ тѣлъ и нашего моря».

Гораздо позже въ знаменитомъ XXXI вопросѣ, которымъ заканчивается второе изданіе его «Оптики», Ньютонъ снова высказываетъ съ величайшей опредѣленностью свое мнѣніе о физическихъ теоріяхъ. Онъ провозглашаетъ цѣлью ихъ экономическое обобщеніе экспериментальныхъ законовъ. «Объяснять каждое свойство вещей спеціальнымъ скрытымъ качествомъ, которымъ порождаются, создаются, доступныя нашему воспріятію, явленія, значитъ не объяснять ничего. Но вывести изъ явленій 2—3 общихъ принципа движенія и объяснять сейчасъ всѣ свойства и всѣ дѣйствія тѣлъ при помощи этихъ ясныхъ принциповъ представляетъ собою крупный шагъ впередъ въ философіи, если бы даже причины этихъ принциповъ не были открыты. Вотъ почему я не медлю провозгласить принципы движенія, оставивъ совершенно въ сторонѣ изслѣдованіе ихъ причинъ».

Люди, раздѣлявшіе высокомѣрную увѣренность картезіанцевъ или атомистовъ, не могли потерпѣть, чтобы притязаніямъ теоретической физики были поставлены столь скромные предѣлы. Ограничиваться математическимъ описаніемъ явленій значило, по ихъ мнѣнію, не подвинуться ни на шагъ въ познаніи природы. Тѣ,

которые довольствовались столь ничтожнымъ успѣхомъ, не заслуживали ничего, кромѣ сарказма.

«Прежде чѣмъ пользоваться выставленными принципами, говорить одинъ картезіанецъ [1]), не будетъ не умѣстно, мнѣ кажется, подвергнуть изслѣдованію принципы, которые положилъ въ основу своей системы господинъ Ньютонъ. Этотъ новый философъ, прославившійся уже своими рѣдкими познаніями, обнаруженными имъ въ геометріи, съ трудомъ мирился съ тѣмъ фактомъ, что чуждая ему нація овладѣла областью, въ которой она можетъ учить другія и служить имъ образцомъ. Вдохновившись благороднымъ соревнованіемъ и опираясь на превосходство своего генія, онъ думалъ только о томъ, какъ бы освободить свое отечество отъ необходимости заимствовать у насъ искусство освѣщать процессы природы и прослѣживать ее въ ея дѣйствіяхъ. Но этого было для него недостаточно. Врагъ всякаго принужденія и чувствуя, что физика безпрестанно будетъ стѣснять его, онъ изгналъ ее изъ своей философіи; опасаясь, однако, что онъ будетъ кое-когда вынужденъ прибѣгать къ ея помощи, онъ постарался возвести въ первоначальные законы внутреннія причины каждаго частнаго явленія. Этимъ всякое затрудненіе было устранено. Работа его касалась лишь предметовъ, легко поддающихся изученію, которые онъ и сумѣлъ подвести подъ свои вычисленія. Явленіе, подверженное математическому анализу, становилось для него явленіемъ объясненнымъ. Такъ, этотъ знаменитый соперникъ господина Декарта скоро добился рѣдкаго удовлетворенія: удостоиться названія великаго философа исключительно на томъ основаніи, что онъ былъ великимъ математикомъ».

«...Возвращаясь къ тому, что я говорилъ уже выше, я дѣлаю изъ сказаннаго тотъ выводъ, что ничего нѣтъ легче, какъ вывести механизмъ природы, слѣдуя методу этого великаго математика. Нужно вамъ указать причину какого-нибудь сложнаго явленія? Изложите его математически и вы сдѣлали все; то, что останется еще для физика, навѣрное окажется въ зависимости отъ какого-нибудь первоначальнаго закона или какого-нибудь спеціальнаго опредѣленія».

Впрочемъ, не всѣ ученики Ньютона соблюдали эту разумную осторожность своего учителя. Для нѣкоторыхъ изъ нихъ границы,

---

[1]) De Gamaches: Principes généraux de la Nature appliqués au mécanisme astronomique et comparés aux principes de la Philosophie de M. Newton. Paris, 1740, стр. 67.

поставленныя имъ его методомъ въ физикѣ, оказались слишкомъ тѣсными. Преступивъ эти границы, они, какъ метафизики, утверждали, что взаимное притяженіе есть дѣйствительное и основное свойство матеріи и что явленіе, сведенное къ этому притяженію, есть на самомъ дѣлѣ явленіе объясненное. Это мнѣніе мы находимъ и у Roger'a Cotes'a въ его знаменитомъ введеніи, которое онъ предпослалъ второму изданію «Принциповъ» Ньютона. Таковъ же былъ характеръ ученія, развитаго Босковичемъ и оказавшаго немалое вліяніе на метафизику Лейбница.

При всемъ томъ многіе, не менѣе знаменитые ученые продолжали дѣло Ньютона, придерживаясь метода, столь прекрасно изложеннаго ихъ знаменитымъ предшественникомъ.

Лапласъ выражаетъ полное свое довѣріе принципу притяженія. Это, однако, не слѣпое довѣріе. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ своей Exposition du systéme du monde онъ намекаетъ, что это всеобщее притяженіе, объединяющее въ формѣ тяготѣнія или молекулярнаго притяженія всѣ явленія природы, не является, можетъ быть, послѣднимъ объясненіемъ, что оно само можетъ зависѣть отъ причины еще болѣе глубокой. Правда, Лапласъ переноситъ эту причину, повидимому, въ область, недоступную познанію. Во всякомъ случаѣ онъ вмѣстѣ съ Ньютономъ признаетъ, что отыскиваніе этой причины, если она вообще можетъ быть найдена, есть совершенно самостоятельная проблема, независимая отъ той, рѣшеніемъ которой занимаются теоріи астрономическія и физическія. «Есть ли этотъ принципъ, говоритъ онъ [1]), основной законъ природы? Не есть ли онъ общій результатъ нѣкоторой неизвѣстной причины? Вотъ здѣсь незнакомство наше съ самыми внутренними свойствами матеріи преграждаетъ намъ путь и лишаетъ насъ всякой надежды на то, что мы найдемъ удовлетворительный отвѣтъ на эти вопросы».—Что представляетъ собою, говоритъ онъ въ другомъ мѣстѣ [2]), принципъ всемірнаго тяготѣнія? Есть ли онъ основной законъ природы или лишь общее дѣйствіе нѣкоторой неизвѣстной намъ причины? Нельзя ли свести къ этому принципу принципъ химическаго сродства? Ньютонъ, болѣе осторожный, чѣмъ его ученики, поостерегся высказать свое мнѣніе по этимъ вопросамъ, на которые, въ виду незнакомства нашего со свойствами матеріи, удовлетворительный отвѣтъ данъ быть не можетъ».

Амперъ, болѣе глубокій философъ, чѣмъ Лапласъ, съ полной

[1]) Laplace: Exposition du systéme du monde. 1. IV, c. XVII.

[2]) Jdem: Jbid., I. V, c. v.

ясностью видить, въ какой мѣрѣ полезно разсматривать физическую теорію внѣ всякой зависимости отъ того или другого матафизическаго объясненія: этимъ она оказывается внѣ сферы борьбы, раздѣляющей различныя космологическія школы, и въ то же время она становится пріемлемой для мыслителей, придерживающихся философскихъ мнѣній, не примиримыхъ между собою. Въ то же время этимъ вовсе не тормозятся изслѣдованія тѣхъ, которые претендуютъ дать объясненіе явленіямъ, а, напротивъ того, работа ихъ даже облегчается: безчисленное множество законовъ, установленныхъ опытнымъ путемъ и подлежащихъ объясненію, сгущается въ небольшое число весьма общихъ положеній, и тогда достаточно дать объясненіе этимъ немногимъ положеніямъ, чтобы это необъятное множество опытныхъ законовъ не заключало въ себѣ ничего таинственнаго и необъяснимаго.

«Формулы [1]) столь непосредственно выведены изъ нѣкоторыхъ общихъ фактовъ, представляющихъ результатъ достаточнаго числа наблюденій, что онѣ не могутъ быть подвержены сомнѣнію, и главное преимущество ихъ заключается въ томъ, что онѣ остаются совершенно независимыми, какъ отъ тѣхъ гипотезъ, которыми пользовались ихъ авторы при установленіи этихъ формулъ, такъ и отъ тѣхъ, которыя могутъ быть связаны съ ними впослѣдствіи. Выраженіе для всемірнаго тяготѣнія, выведенное изъ законовъ Кеплера, не зависитъ совершенно отъ гипотезъ о механической причинѣ, которую хотѣли приписать этому явленію тяготѣнія нѣкоторые авторы. Теорія теплоты дѣйствительно основана на общихъ фактахъ, непосредственно данныхъ наблюденіемъ. Уравненіе, выведенное изъ этихъ фактовъ, подтверждается согласіемъ вытекающихъ изъ него послѣдствій съ результатами, данными опытомъ. Поэтому, она должна быть принята, какъ выраженіе дѣйствительныхъ законовъ распространенія теплоты въ одинаковой мѣрѣ какъ тѣми, которые приписываютъ эту послѣднюю излученію образующихъ теплоту молекулъ, такъ и тѣми, которые для объясненія того же явленія прибѣгаютъ къ гипотезѣ колебаній распространенной въ пространствѣ особаго рода жидкости. Разница только та, что первые должны показать, какъ уравненіе, о которомъ идетъ рѣчь, вытекаетъ изъ ихъ воззрѣній, а вторые должны выводить его изъ общихъ формулъ колебательныхъ движеній. Они должны это дѣ-

---

[1]) André—Marie Ampère; Theorie mathematique des phénoménes electrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience. Edit. Hermann, стр. 3.

лать не для того, чтобы усилить правдоподобность этого уравненія, а для того, чтобы имѣть возможность удержать собственныя относящіяся сюда гипотезы. Физикъ же, который въ этомъ отношеніи не становится на сторону ни тѣхъ, ни другихъ, видитъ въ этомъ уравненіи лишь точное описаніе фактовъ, не интересуясь тѣмъ, въ какой мѣрѣ оно можетъ быть выведено изъ того или другого изъ объясненій, о которыхъ мы говорили».

Въ отношеніи теоріи теплоты точку зрѣнія Ампера раздѣляетъ и Фурье. Во введеніи къ своему безсмертному сочиненію [1]) онъ выражается по этому вопросу слѣдующимъ образомъ:

«Первопричины намъ неизвѣстны, но онѣ подчинены простымъ и постояннымъ законамъ, которые можно открыть наблюденіемъ и изученіе которыхъ есть дѣло философіи природы».

«Подобно тяжести, теплота проникаетъ всѣ вещества въ мірѣ; лучами ея полны всѣ части пространства. Задача настоящаго сочиненія изложить математическіе законы, которымъ подчиненъ этотъ элементъ. Эта теорія образуетъ съ этихъ поръ одну изъ наиболѣе важныхъ отраслей всей физики».

«... Подобно принципамъ механики, принципы этой теоріи выведены изъ весьма небольшого числа основныхъ фактовъ, о причинѣ которыхъ математики не спрашиваютъ, разсматривая ихъ, какъ результаты обыкновенныхъ наблюденій, находящіе свое подтвержденіе во всѣхъ данныхъ опыта».

Подобно Амперу и Фурье, Френель тоже не считаетъ задачей теоріи метафизическое объясненіе доступныхъ воспріятію явленій. Онъ видитъ въ ней могущественное средство для новыхъ открытій, потому что она есть обобщенное и классифицированное описаніе нашихъ экспериментальныхъ познаній: «Небезполезно, говоритъ онъ [2]), объединять факты одной и той же точкой зрѣнія, связавъ ихъ небольшимъ числомъ общихъ принциповъ. Это—средство наиболѣе легко осваиваться съ законами; попытки этого рода въ такой же мѣрѣ, мнѣ кажется, могутъ содѣйствовать прогрессу науки, какъ и сами наблюденія».

Быстрое развитіе термодинамики въ срединѣ XIX столѣтія вновь вернуло популярность допущеніямъ о природѣ теплоты, впервые формулированнымъ Декартомъ. Картезіанскіе и атомистическіе взгляды вновь какъ будто сдѣлались жизнеспособными и

---

[1]) Fourier; Theorie analytique de la chaleur. Edit. Darboux, стр. XV и стр. XXI.

[2]) A. Fresnel: Oeuvres complétes, t. I стр. 480.

надежда, что удастся построить объясняющія физическія теоріи, возродилась въ душѣ не одного физика.

Но нѣкоторые изъ творцовъ новаго ученія и немаловажные не дали себя отуманить этой надеждѣ. Среди нихъ слѣдуетъ отвести первое мѣсто Роберту Майеру. «Что такое теплота, что такое электричество и т. д. по внутренней природѣ своей, писалъ Робертъ Майеръ Гризингеру [1]), я не знаю, какъ я не знаю внутренней природы какой нибудь матеріи или какой нибудь вещи вообще».

Первыя работы Макорна Ранкина, содѣйствовавшія развитію механической теоріи теплоты, представляли собою попытки объясненія. Но вскорѣ идеи его эволюціонировали, и въ небольшомъ сочиненіи [2]), слишкомъ мало извѣстномъ, онъ съ поразительной ясностью охарактеризовалъ различія, существующія между теоріей описательной — названной имъ абстрактной теоріей — и теоріей объяснительной — названной имъ гипотетической теоріей.

Приводемъ нѣсколько мѣстъ изъ этого сочиненія.

«Въ процессѣ развитія нашего знанія физическихъ законовъ необходимо различать два періода, существенно между собою различныхъ. Въ теченіе перваго періода мы наблюдаемъ отношенія, существующія между явленіями, какъ тѣми, которыя даны намъ безъ всякаго нашего содѣйствія въ природѣ, такъ и тѣми, которыя мы создаемъ искусственно въ нашихъ опытахъ; затѣмъ наблюденныя такимъ образомъ отношенія мы формулируемъ въ положенія, носящія названія формальныхъ законовъ. Во время второго періода мы эти формальные законы, обнимающіе цѣлый классъ явленій, подводимъ подъ форму науки; иначе говоря, мы открываемъ наиболѣе простую систему принциповъ, изъ которой всѣ формальные законы этого класса явленій могутъ быть выведены, какъ ея послѣдствія».

«Вотъ такая система принциповъ образуетъ въ совокупности съ логически сдѣланными изъ нихъ выводами физическую теорію цѣлаго класса явленій».

«Можно различать два метода построенія физической теоріи.

---

[1]) Robert Mayer: Kleinere Schriften und Briefe, стр. 181 Stuttgart 1893.

[2]) J. Macquorn Rankine: Outlines of the Science of Energetics, докладъ, прочитанный въ философскомъ обществѣ въ Глазго 2 Мая 1855 года и напечатанный въ журналъ этого общества Proceedings. Vol. III № 4 См. также: Rankine, Miscellaneous scientific Papers, стр. 209.

Существенное различіе между ними сводится къ способу опредѣлять различные классы явленій. Методы эти могутъ быть названы методомъ абстрактнымъ и методомъ гипотетическимъ».

«Согласно абстрактному методу, опредѣленіе класса объектовъ или явленій происходитъ черезъ описаніе; другими словами, извѣстная совокупность свойствъ является общей всѣмъ объектамъ или всѣмъ явленіямъ, образующимъ этотъ классъ, причемъ и и явленія и объекты мы разсматриваемъ, какими они даны нашимъ чувствамъ, не вводя ничего гипотетическаго; затѣмъ мы обозначаемъ совокупность свойствъ какимъ нибудь именемъ или символомъ».

«Согласно методу гипотетическому, опредѣленіе класса объектовъ или явленій происходитъ на основаніи представленія о природѣ ихъ, кажущагося вѣроятнымъ Человѣкъ представляетъ себѣ, что они конституируются недоступнымъ нашему воспріятію образомъ, какъ модификація другого класса объектовъ или явленій, законы котораго уже извѣстны. Если выводы изъ подобнаго рода гипотетическаго опредѣленія не противорѣчатъ результатамъ наблюденія и эксперимента, то при помощи этого опредѣленія можно выводить законы одного класса объектовъ или явленій изъ соотвѣтственныхъ законовъ другого класса». Этимъ способомъ можно было бы, напримѣръ, вывести законы свѣта или теплоты изъ законовъ механики.

Ранкинъ полагаетъ, что гипотетическія теоріи постепенно уступаютъ свое мѣсто теоріямъ абстрактнымъ. При всемъ томъ, полагаетъ онъ, «гипотетическая теорія необходима, какъ первый этапъ, для внесенія простоты и порядка въ описаніе явленій, безъ чего ни малѣйшій успѣхъ въ конструкціи абстрактной теоріи невозможенъ». Мы видѣли уже въ предыдущемъ параграфѣ, что это утвержденіе не находитъ подтвержденія въ исторіи физическихъ теорій и въ главѣ IV, § 9 намъ вновь представится случай вернуться къ этому вопросу.

Около середины XIX столѣтія число гипотетическихъ теорій, претендовавшихъ на то, что онѣ даютъ болѣе или менѣе вѣроятныя объясненія явленій, возрасло до чрезвычайности. Шумъ борьбы между ними и грохотъ ихъ паденія утомили физиковъ и понемногу вернули ихъ къ здоровымъ ученіямъ, выраженнымъ со столь большой силой Ньютономъ. Эрнстъ Махъ [1]), вернувшись къ

[1]) E. Mach. Die Gestalten der Flüssigkeit, Prag, 1872;—Die ökonomische

нарушенной традиціи, опредѣлилъ физическую теорію, какъ абстрактное и обобщенное описаніе явленій природы. Г. Кирхгоффъ [1]) объявилъ задачей механики «дать наиболѣе полное и возможно болѣе простое описаніе движеній, происходящихъ въ природѣ».

Нѣкоторые весьма великіе физики, обозрѣвая возможности, представляемыя ихъ методомъ, на столько возгордились, на столько переоцѣнили значеніе его, что имъ казалось, что теоріями ихъ обнажена метафизическая природа вещей. Было, однако, не мало ученыхъ изслѣдователей, возбуждающихъ наше изумленіе, которые были болѣе скромны и болѣе дальнозорки. Они поняли, что физическая теорія не есть объясненіе, и видѣли въ ней лишь упрощенное и упорядоченное описаніе, группирующее законы, согласно классификаціи все болѣе и болѣе совершенной, все болѣе и болѣе естественной.

Natur der physikalischen Forschung. Vienne 1882; Die Mechanik in ihrer Entwickelung, historisch—kritisch dargestellt. Leipzig, 1883. Есть русскій переводъ. Прим. пер.

[1]) Kirchhoff: Vorlesungen über mathematische Physik; Mechanik, Leipzig, 1874, стр. 1.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Абстрактныя теоріи и механическія модели[1]).

---

§ I.—Два типа умовъ: широкіе и глубокіе умы.

Всякая физическая теорія представляетъ собою плодъ двоякаго рода работы: работы абстракціи и работы обобщенія.

Прежде всего нашъ умъ анализируетъ огромное число конкретныхъ, различныхъ и сложныхъ отдѣльныхъ фактовъ, и все, что онъ находитъ въ нихъ общаго и существеннаго, онъ обобщаетъ въ одномъ законѣ, т. е. въ общемъ положеніи, связывающемъ въ одно единое цѣлое абстрактныя понятія.

Затѣмъ онъ разсматриваетъ цѣлый рядъ законовъ и замѣняетъ ихъ весьма небольшимъ числомъ чрезвычайно общихъ сужденій, покоющихся на нѣсколькихъ идеахъ, весьма абстрактныхъ. Онъ такъ выбираетъ первичныя свойства, онъ такъ формулируетъ основныя гипотезы, что при помощи дедукціи—довольно распространенной можетъ быть, но весьма надежной—изъ нихъ могутъ быть выведены всѣ законы изъ той группы, которую онъ изучаетъ. Вотъ эта система гипотезъ и вытекающихъ изъ нихъ слѣдствій—дѣло абстракціи, обобщенія и дедукціи—и образуетъ физическую теорію, какъ мы ее опредѣлили; она, безъ всякаго сомнѣнія, заслуживаетъ эпитета абстрактной теоріи, которымъ наградилъ ее Ранкинъ.

Двоякая работа абстракціи и обобщенія. плодомъ которой является теорія, осуществляетъ, говорили мы[2]), двоякаго рода

---

[1]) Мысли, изложенныя въ настоящей главѣ, представляють собою развитіе идей, изложенныхъ въ статьѣ L'Ecole anglaise et les Théories physiques, напечатанной въ октябрѣ 1893 г. въ „Revue des Questions scientifiques".

[2]) См. главу вторую, § 2.

экономію мысли: одну, когда она однимъ единственнымъ закономъ замѣняетъ множество фактовъ, и другую, когда она небольшимъ числомъ гипотезъ замѣняетъ огромную группу эмпирически установленныхъ законовъ.

Но приписывая абстрактной теоріи этотъ двоякій экономическій характеръ, найдемъ ли мы согласіе у всѣхъ, занимающихся изученіемъ методовъ физики?

Часто приходится вообразить себѣ очень большое число вещей такъ, чтобы онѣ всѣ стояли какъ бы предъ глазами во всей своей совокупности и сложной группировкѣ, а не одна отдѣльно отъ другой, произвольно вырванная изъ реальной своей связи. Для многихъ людей это—задача неразрѣшимая или, по крайней мѣрѣ, чрезвычайно трудная. Собраніе экспериментально установленныхъ законовъ, сваленныхъ въ одну кучу,—законовъ, которыхъ никакая классификація не раздѣляетъ на группы, никакая система не связываетъ въ одно цѣлое и не подчиняетъ одни другимъ, представляется имъ хаосомъ, пугающимъ ихъ воображеніе, лабиринтомъ, въ которомъ разумъ ихъ совершенно теряется Напротивъ того, идея, которую абстракція освободила отъ всего, что могло бы возбудить болѣе или менѣе хорошую память, они воспринимаютъ безъ особаго труда. Они ясно и вполнѣ усваиваютъ смыслъ сужденія, связывающаго такія идеи. Они способны съ неослабѣвающимъ интересомъ и не утомляясь слѣдить до послѣднихъ его выводовъ за разсужденіемъ, исходящимъ изъ такихъ сужденій. Способность понять и продумать абстрактныя идеи лучше развита у такихъ людей, чѣмъ способность представлять себѣ конкретные предметы.

Для такихъ абстрактныхъ умовъ сведеніе фактовъ къ законамъ и сведеніе законовъ къ теоріямъ представляютъ собой по истинѣ экономію мышленія. Каждая изъ этихъ двухъ операцій въ весьма высокой степени уменьшаетъ для нихъ работу ума, необходимую для изученія физики.

Но не всѣ умы, сильно развитые, суть умы абстрактные.

Есть умы, обладающіе чрезвычайной способностью представить себѣ въ воображеніи сложную систему разнородныхъ предметовъ. Они схватываютъ ихъ всѣ однимъ взглядомъ, безъ необходимости сосредоточивать свое вниманіе сначала на одномъ и потомъ на другомъ предметѣ. И взглядъ этотъ не туманенъ и расплывчатъ, а точенъ и опредѣлененъ; каждая деталь замѣчена съ полной ясностью на своемъ мѣстѣ и въ своемъ относительномъ значеніи.

Но эта способность ума связана съ однимъ условіемъ: предметы, на которыхъ останавливается вниманіе такихъ людей, должны быть таковы, чтобы они дѣйствовали на чувства; это—предметы осязаемые, видимые. Умы этого рода нуждаются, чтобы правильно функціонировать, въ хорошей памяти. Абстрактная идея, освобожденная отъ всего, во что можетъ одѣть ее эта память, представляется имъ чѣмъ-то неосязаемымъ, ускользающимъ отъ нихъ въ туманѣ. Всякое общее сужденіе звучитъ для нихъ, какъ пустая формула, лишенная всякаго смысла. Длинная и строго логическая дедукція представляется имъ какимъ-то монотоннымъ шумомъ мельницы, жернова которой безостановочно вращаются, работая въ пустую. Одаренные мощной силой воображенія, эти умы мало способны къ абстракціи и дедукціи.

Усмотрятъ ли такіе умы экономію мышленія въ построеніи абстрактной физической теоріи? Нѣтъ, безъ сомнѣнія. Скорѣе они увидятъ въ этомъ работу, трудный характеръ которой покажется имъ гораздо менѣе сомнительнымъ, чѣмъ польза отъ нихъ, и нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что свои физическія теоріи они будутъ строить совсѣмъ по другому типу.

Поэтому, только абстрактные умы безъ промедленія признаютъ въ физической теоріи, какъ мы ее нарисовали, наиболѣе подходящую форму описанія явленій природы. Въ отрывкѣ своего сочиненія [1]), въ которомъ онъ далъ превосходную характеристику этихъ двухъ типовъ ума, различаемыхъ нами, Паскаль не забываетъ прибавить слѣдующее:

«Есть различные типы здраваго ума; одни проявляютъ свою силу въ одной группѣ вещей, а въ другихъ обнаруживаютъ полную несостоятельность, другіе—наоборотъ. Одни изъ нихъ дѣлаютъ правильные выводы изъ небольшого числа принциповъ, и это и есть здравый умъ. Другіе же дѣлаютъ правильные выводы изъ положеній, включающихъ много принциповъ. Такъ, напримѣръ, одни понимаютъ дѣйствія воды, основанныя на небольшомъ числѣ принциповъ, но выводы изъ которыхъ такъ хитроумны, что они доступны лишь очень здравому уму. И люди этого типа мало, можетъ быть, сдѣлаютъ въ геометріи, ибо геометрія охватываетъ большое число принциповъ, а природа ума можетъ быть такова, чтобы быть способной глубоко проникнуть въ значеніе небольшого

---

[1]) Pascal; Pensées, èdition Havet, art. VII. 2.

числа принциповъ, но не быть способной проникнуть въ суть вещей, основанныхъ на большомъ числѣ принциповъ».

«Есть, поэтому, два типа умовъ: первые живо и глубоко проникаютъ во всѣ послѣдствія, вытекающія изъ принциповъ, и это есть умъ, правильно разсуждающій; другіе усваиваютъ большое число принциповъ, не смѣшивая и не спутывая ихъ, и это есть умы геометрическіе. Одни характеризуются силой и правильностью сужденія, а другіе — умы широкіе. Можетъ быть одно безъ другого, можетъ быть умъ сильный и узкій или же широкій, но слабый».

Абстрактная физическая теорія, какъ мы ее опредѣлили, будетъ, несомнѣнно, привлекать къ себѣ умы сильные, но узкіе; зато слѣдуетъ ожидать, что умы широкіе, но слабые отвергнутъ ее. Такъ какъ мы намѣреваемся бороться съ этимъ вторымъ типомъ мышленія, намъ необходимо сначала познакомиться съ нимъ поближе.

§ II.—Примѣръ широкаго ума: умъ Наполеона.

Когда зоологу, желающему изучить какой-нибудь органъ, попадается животное, у котораго этотъ органъ достигъ необычайнаго развитія, онъ бываетъ весьма радъ: ему легче расчленить этотъ органъ у такого животнаго на различныя части, ему яснѣе его строеніе и легче понять его функцію. Такъ и психологъ, желающій изучить извѣстную способность, долженъ быть доволенъ, натолкнувшись на существо, обладающее этой способностью въ выдающейся степени.

И вотъ исторія знакомитъ насъ съ человѣкомъ, умъ котораго— широкій, но слабый—, по классификаціи Паскаля, былъ развитъ въ чрезвычайной степени. Человѣкъ этотъ былъ Наполеонъ.

Прочтите у Тэна [1]) портретъ Наполеона, столь пластически и столь прочно обоснованный историческими документами! Вы сейчасъ же замѣтите слѣдующія двѣ существенныя черты, столь яркія, столь бросающіяся въ глаза, что ихъ замѣтитъ и самый неопытный глазъ: съ одной стороны—необычайную способность представить себѣ въ умѣ чрезвычайно сложную совокупность предметовъ, если только эти предметы доступны непосредственному воспріятію, если

---

[1]) H. Taine: Les Origines de la France contemporaine. Le Régime moderne, t. I, 1 I, c. I, art 2, 3, 4. Paris, 1891.

они могутъ быть представлены, такъ сказать, съ плотью и кровью; съ другой стороны полную неспособность къ абстракціи и обобщенію, доходящую до глубокаго отвращенія къ этимъ духовнымъ операціямъ.

Чистыя идеи, обнаженныя отъ спеціальныхъ и конкретныхъ деталей, дѣлавшихъ ихъ *видимыми и осязаемыми*, совершенно недоступны уму Наполеона. «Уже въ Бріеннѣ [1]) было констатировано, что онъ совершенно неспособенъ къ языкамъ и изящной литературѣ». Онъ не только съ трудомъ усваивалъ абстрактныя понятія, но отворачивался отъ нихъ съ отвращеніемъ. «Онъ изслѣдовалъ вещи только съ точки зрѣнія ихъ непосредственной полезности, говоритъ M-me de Staël, всякій общій принципъ былъ противенъ ему, какъ какая-то глупость или какъ что-то враждебное ему». Люди, для которыхъ абстракція, обобщеніе и дедукція были обычнымъ средствомъ мышленія, казались ему существами, которымъ чего то не хватало, чѣмъ то непостижимымъ, и онъ съ глубокимъ презрѣніемъ относился къ этимъ «идеологамъ»: «Ихъ человѣкъ 12—15 метафизиковъ, которыхъ слѣдовало-бы бросить въ море, говорилъ онъ, это—насѣкомые, которыхъ я ношу на своей одеждѣ».

Но если умъ его отказывался понимать общіе принципы, если, по свидѣтельству Стендаля, «большая часть великихъ истинъ, открытыхъ въ теченіе послѣднихъ ста лѣтъ, была ему незнакома,» то зато онъ обладалъ чрезвычайной способностью сразу, однимъ взглядомъ охватить вполнѣ сложную совокупность фактовъ, конкретныхъ объектовъ, сразу ясно понять ихъ, не упуская изъ виду ни одной детали. «Онъ обладалъ, говоритъ Буріеннъ, плохой памятью на собственныя имена, на слова и даты, но удивительной памятью на ф а к т ы и м ѣ с т а. Я вспоминаю, что по дорогѣ изъ Парижа въ Тулонъ онъ обратилъ мое вниманіе на 10 мѣстъ, удобныхъ для крупныхъ сраженій... То было воспоминаніе о первыхъ путешествіяхъ его юности и онъ описывалъ мнѣ мѣстоположенія, обозначалъ даже позиціи, которыя онъ занялъ бы, прежде даже, чѣмъ мы прибыли бы на мѣсто». Впрочемъ, самъ Наполеонъ старался выдвинуть эту особенность своей памяти, столь сильной для фактовъ и столь слабой для всего не-конкретнаго: «Я всегда прекрасно помню мои записи. Я не могу запомнить ни одного александрійскаго стиха, но я не забываю никогда ни одной буквы

[1]) Цитаты всѣ взяты изъ сочиненія Тэна.

изъ моихъ записей. Я найду ихъ сегодня вечеромъ въ своей комнатѣ и не лягу спать, пока не прочту ихъ».

Въ какой мѣрѣ онъ пугался абстракціи и обобщенія, совершая эти операціи съ большимъ мучительнымъ для него трудомъ, въ такой же мѣрѣ ему доставляло удовольствіе проявлять свою поразительную способность представленія, какъ атлетъ, съ удовольствіемъ пробующій работу своихъ мышцъ. Его жажда точныхъ и конкретныхъ фактовъ была «ненасытна», по выраженію Молліена. «Хорошее состояніе моихъ полковъ, говорилъ онъ намъ, объясняется тѣмъ, что я ежедневно занимаюсь ими одинъ—два часа и, когда мнѣ разъ въ мѣсяцъ присылаютъ отчетъ о моихъ полкахъ и моемъ флотѣ, то я оставляю всякое другое занятіе и подробно прочитываю все до конца, чтобы увидѣть разницу между однимъ мѣсяцемъ и другимъ. Чтеніе это доставляетъ мнѣ больше удовольствія, чѣмъ молодой дѣвушкѣ чтеніе романа».

Эта способность представленія, которой Наполеонъ пользовался со столь большой легкостью и съ такимъ удовольствіемъ, обнаруживала чрезвычайную гибкость, ширину и точность. Примѣровъ, въ которыхъ обнаружились эти удивительныя свойства его,—безчисленное множество. Чтобы не перечислять ихъ долго, мы ограничимся двумя, достаточно характерными.

«Сегюръ, которому было поручено осмотрѣть всѣ мѣста сѣверныхъ береговъ, исполнилъ порученіе и явился къ докладу. «Я пересмотрѣлъ всѣ ваши записи, сказалъ мнѣ первый консулъ, онѣ точны, но вы забыли у Остенде двѣ четырехъ-фунтовыя пушки». И онъ указалъ мѣсто, «улицу посреди города». И это было вѣрно. «Я вышелъ, пораженный изумленіемъ: среди тысячи пушекъ, разсѣянныхъ по берегу въ подвижныхъ и неподвижныхъ батареяхъ, изъ памяти его не ускользнули двѣ четырехъ-фунтовыя пушки!»

«Возвращаясь изъ Булонскаго лагеря, Наполеонъ встрѣтился съ кучкой заблудившихся солдатъ. Спросивъ номеръ ихъ полка, вычисливъ день выступленія ихъ въ походъ, путь, которымъ они шли, и путь, которымъ они должны были бы идти, онъ сказалъ имъ: «вы найдете вашъ батальонъ на такомъ-то мѣстѣ». А армія состояла тогда изъ 200000 человѣкъ!»

Мы узнаемъ человѣка по его дѣйствіямъ, привычкамъ и видимымъ жестамъ, въ которыхъ онъ проявляетъ свои чувства, свои инстинкты, свои страсти. Часто при этомъ бываетъ такъ, что какая-нибудь мелкая, самая ничтожная деталь, едва замѣтная

краска въ лицѣ, едва замѣтное движеніе губъ образуетъ самый существенный признакъ, внезапно бросающій яркій свѣтъ на то, или другое чувство, радость или разочарованіе, скрытое въ глубинѣ души. Такая мелкая деталь не ускользала отъ испытующаго взора Наполеона, и память его навсегда сохраняла ее, фиксируя ее, какъ на моментальной фотографіи. Отсюда его глубокое знаніе людей, съ которыми онъ имѣлъ дѣло. «Такая невидимая моральная сила можетъ быть констатирована и приблизительно измѣрена ея проявленіемъ, доступнымъ воспріятію, при помощи пробъ, каково будетъ такое-то слово, такое-то выраженіе, такое-то движеніе. Вотъ эти слова, эти жесты, эти выраженія онъ и старался отыскивать. Ему удавалось разсмотрѣть самыя интимныя, самыя глубокія чувства въ ихъ внѣшнемъ проявленіи, онъ рисовалъ себѣ внутреннее движеніе души на основѣ того или другого характернаго выраженія лица, той или другой позы, небольшой характерной сцены, при помощи пробъ и пріемовъ, столь хорошо выбранныхъ и столь подробно разработанныхъ, что они обобщали весь неопредѣленный рядъ аналогичныхъ случаевъ. Этимъ способомъ объектъ туманный и неясный вдругъ становился яснымъ, опредѣленнымъ, послѣ чего онъ и былъ измѣренъ и взвѣшенъ» [1]). Удивительная психологія Наполеона вполнѣ характеризуется его способностью точно представлять себѣ какъ въ цѣломъ, такъ и въ подробностяхъ видимые и осязательные предметы, представлять себѣ людей съ плотью и кровью.

Эта же способность дѣлала столь живыми и красочными весь языкъ его, всѣ его выраженія. Никакихъ абстрактныхъ обозначеній, или общихъ сужденій, одни образы, дѣйствующіе на глаза и уши: Я не доволенъ постановкой таможеннаго дѣла на Альпахъ; оно не подаетъ признаковъ жизни, не слышно звука монетъ, падающихъ въ государственную кассу».

Все въ духовномъ обликѣ Наполеона — это отвращеніе къ идеологіи, взглядъ администратора и тактика, глубокое знаніе соціальной среды и людей, нѣсколько тривіальная порой грубость его рѣчи—все это имѣетъ своимъ источникомъ одну и ту же существенную черту его—широту, но и слабость его ума.

---

1) Taine: Loc. cit., стр. 35.

§ III.—Широкій умъ, тонкій умъ и умъ геометрическій.

Изучая духовный обликъ Наполеона, мы имѣли полную возможность наблюдать характерные признаки широкаго ума и наблюдать ихъ въ чрезвычайно увеличенномъ видѣ, какъ бы въ микроскопѣ. Впредь намъ будетъ нетрудно узнать ихъ, гдѣ бы мы ихъ ни встрѣтили, разнообразные, различные и среди разнообразныхъ объектовъ, на которые останавливаютъ свое вниманіе характеризуемые ими умы.

Мы ихъ встрѣтимъ прежде всего вездѣ, гдѣ мы найдемъ умъ тонкій: тонкій умъ, какъ описалъ намъ его Паскаль, заключается главнымъ образомъ въ способности ясно разсмотрѣть очень большое число конкретныхъ понятій и сразу постигнуть ихъ, какъ во всей ихъ совокупности, такъ и въ деталяхъ.

«Въ случаѣ тонкаго ума [1]) принципы находятся въ общемъ употребленіи и передъ глазами всего міра. Стоитъ только повернуть голову, чтобы усмотрѣть ихъ безъ особыхъ усилій. Стоитъ только имѣть хорошій глазъ, но его то нужно имѣть; ибо принципы такъ распространены и ихъ такъ много, что почти невозможно не замѣтать ихъ. Но если какой-нибудь принципъ не принять во вниманіе, то это ведетъ къ заблужденію, и потому необходимъ хорошій глазъ, чтобы усмотрѣть всѣ принципы... Ихъ едва распознаютъ, ихъ скорѣе чувствуютъ, чѣмъ видятъ. Безконечно трудно дать ихъ почувствовать тѣмъ, которые не чувствуютъ ихъ сами. Это все вещи столь тонкія и многочисленныя, что необходимо особенно тонкое чувство, чтобы ихъ почувствовать и судить правильно и справедливо на основаніи этого чувства, очень часто не будучи въ состояніи демонстрировать ихъ по порядку, какъ въ геометріи, потому что не владѣешь настолько принципами и такое предпріятіе было бы дѣломъ безконечнымъ. Необходимо усмотрѣть все дѣло—по меньшей мѣрѣ, до извѣстной степени—съ одного взгляда, а не дойти до него цѣлымъ рядомъ разсужденій».

«...Тонкіе, проницательные умы, привыкшіе судить съ перваго взгляда, бываютъ, поэтому, весьма изумлены, когда имъ предъявляютъ положенія, которыхъ они понять не могутъ и для усвоенія которыхъ необходимо прибѣгнуть къ опредѣленіямъ и неплодотвор-

---

[1]) Pascal: Pensées, édition Havet art. 7.

нымъ принципамъ; они не привыкли вникать въ подробности и потому они съ отвращеніемъ отвертываются отъ нихъ... Такимъ умамъ, такъ какъ они только тонки и есть, не хватаетъ терпѣнія доходить до самыхъ первыхъ принциповъ всякихъ спекулятивныхъ построеній и созданій фантазіи, которыхъ они въ дѣйствительномъ мірѣ, и въ особенности въ употребленіи, никогда не видали».

Широкій умъ лежитъ въ основѣ тонкаго ума дипломата, имѣющаго извѣстный навыкъ въ томъ, чтобы отмѣчать мельчайшіе факты, мельчайшіе жесты, мельчайшія движенія человѣка, съ которымъ онъ ведетъ переговоры и въ тайны котораго онъ желаетъ проникнуть. Тонкій умъ Таллерана группируетъ тысячи мельчайшихъ свѣдѣній, основанныхъ на честолюбіи, суетности, тщеславіи, жаждѣ мести, соревнованіи и ненависти всѣхъ уполномоченныхъ различныхъ государствъ на вѣнскомъ конгрессѣ. Эти свѣдѣнія даютъ ему возможность играть этими людьми, какъ маріонетками, нити отъ которыхъ сходятся въ его рукахъ.

Ту же широту ума мы находимъ у хроникеровъ газетъ, заносящихъ въ свои хроники всѣ детали тѣхъ или другихъ фактовъ и дѣйствій людей. Мы находимъ ее у такого ученаго, какъ Сенъ-Симонъ, оставившій намъ въ своихъ мемуарахъ «портреты трехсотъ мальчишекъ, между которыми не было двухъ, похожихъ другъ на друга». Она же представляетъ собою самое важное орудіе у великаго романиста; это, благодаря ей, Бальзакъ сумѣлъ создать то огромное число лицъ, которыми изобилуетъ «человѣческая комедія», изобразить каждаго изъ нихъ съ плотью и кровью, нарисовать ихъ со всѣми морщинками, бородавками и ужимками, которыя выгоняли какъ бы наружу каждую страсть ихъ, каждый порокъ, всѣ смѣшныя стороны души; только съ ея помощью онъ сумѣлъ одѣть ихъ тѣла въ соотвѣтствующія одежды, надѣлить ихъ соотвѣтственнымъ поведеніемъ и жестами, окружить ихъ вещами, образующими ихъ среду, однимъ словомъ, сдѣлать изъ нихъ людей, живущихъ въ живомъ мірѣ.

Именно широта ума надѣляетъ стиль какого-нибудь Рабле его красками и теплотой, заваливаетъ его видимыми, осязательными образами, до каррикатурности конкретными, чуть чуть не двигающимися передъ нашими глазами. Широкій умъ представляетъ собой также противоположность уму классическому, описанному Тэномъ, — уму, который любитъ абстрактныя понятія, порядокъ и простоту, который вполнѣ естественно говоритъ въ стилѣ Бюф-

фона, и выбираетъ всегда для выраженія какой-нибудь мысли самыя общія выраженія.

Всѣ, которые умѣютъ удержать въ своей фантазіи точную, ясную, детальную картину множества объектовъ, относятся къ типу широкихъ умовъ. Широкій умъ у биржевого спекулянта, который на основаніи кучи телеграммъ судитъ о цѣнахъ на хлѣбъ или шерсть на всѣхъ міровыхъ рынкахъ и съ одного взгляда можетъ рѣшить, играть ли ему на пониженіе или на повышеніе. Широкій умъ у главнокомандующаго арміей [1]), способнаго придумать планъ мобилизаціи, на основаніи котораго милліоны людей безъ замедленія и замѣшательства въ назначенный день займутъ назначенныя имъ позиціи. Широкій умъ также у шахматиста, играющаго, не смотря на шахматную доску, одновременно съ пятью партнерами.

Широта ума также лежитъ въ основѣ геніальности того или другого геометра или ученаго, разрабатывающаго основы алгебры. Не одинъ читатель Паскаля удивился, вѣроятно, тому, что онъ и геометровъ включилъ въ число широкихъ, но слабыхъ умовъ; *сближеніе* это есть *одно* изъ немаловажныхъ доказательствъ его проницательности.

Каждая отрасль математики имѣетъ предметомъ своимъ, безъ сомнѣнія, понятія, въ высокой степени абстрактныя. Именно эта абстракція даетъ понятія числа, прямой линіи, поверхности, угла, массы, силы и давленія. Абстракція и философскій анализъ систематизируютъ и точно опредѣляютъ свойства этихъ различныхъ понятій, въ которыхъ выражены аксіомы и постулаты математики. Самая строгая дедукція даетъ увѣренность, что эти постулаты не противорѣчатъ другъ другу, что они независимы другъ отъ друга, и она развиваетъ въ безупречномъ порядкѣ длинную цѣпь теоремъ, вытекающихъ изъ нихъ. Этому математическому методу мы обязаны образцовѣйшими работами, укрѣпившими и углубившими мышленіе человѣчества. Первыми такими работами были Элементы Эвклида и работы Архимеда о рычагѣ и плавающихъ тѣлахъ.

Но именно потому, что методъ этотъ аппелируетъ почти исключительно къ логическимъ способностямъ интеллекта, что онъ требуетъ чрезвычайно сильной способности точнаго мышленія, онъ представляется людямъ съ умомъ широкимъ, но слабымъ, чрезвычайно труднымъ и тягостнымъ. Вслѣдствіе этого математики придумали

---

[1]) Широта ума была у Цезаря почти на столько же ярко выражена, какъ и у Наполеона. Случалось ему диктовать въ одно время четыремъ секретарямъ сложныя письма на четырехъ различныхъ языкахъ.

вмѣсто этого метода, чисто абстрактнаго и дедуктивнаго, другой методъ, въ которомъ работѣ представленія отводится больше мѣста, чѣмъ работѣ абстрактной мысли. Вмѣсто того, чтобы непосредственно обсуждать абстрактныя понятія, составляющія предметъ ихъ изслѣдованія, вмѣсто того, чтобы разсматривать ихъ сами по себѣ, они обращаются къ простѣйшимъ ихъ свойствамъ и выражають ихъ въ числахъ, измѣряютъ ихъ. Затѣмъ, далѣе, вмѣсто того, чтобы выразить въ цѣпи силлогизмовъ свойства самихъ этихъ понятій, они подвергаютъ числа, полученныя измѣреніемъ, извѣстнымъ операціямъ на основаніи твердо установленныхъ правилъ, правилъ алгебры. Вмѣсто того, чтобы заниматься дедукціей, они занимаются вычисленіями. Пользованіе алгебраическими символами можно назвать вычисленіемъ въ самомъ широкомъ смыслѣ этого слова и работа эта предполагаетъ какъ у того, кто придумалъ ее, такъ и у того, кто ее дѣлаетъ, гораздо меньше способности абстракціи и строго логическаго мышленія, чѣмъ способность представлять себѣ различныя сложныя комбинаціи, которыя можно создать изъ опредѣленныхъ видимыхъ и надписываемыхъ знаковъ и сразу разсмотрѣть превращенія, позволяющія переходить отъ одной комбинаціи къ другой. Авторъ какихъ-нибудь открытій въ алгебрѣ, какой-нибудь Якоби, напримѣръ, не имѣетъ въ себѣ ничего, присущаго метафизику; скорѣе онъ похожъ на шахматиста, дѣлающаго удачный ходъ конемъ или башней. При извѣстныхъ условіяхъ умъ геометрическій становится рядомъ съ умомъ тонкимъ среди умовъ широкихъ, но слабыхъ.

§ IV.—Широкій умъ и умъ англійскій.

Люди широкаго ума встрѣчаются у всѣхъ народовъ, но есть народъ, для котораго онъ особенно характеренъ, это — народъ англійскій.

Поищемъ въ произведеніяхъ, созданныхъ англійскимъ геніемъ, оба признака широкаго, но слабаго ума: чрезвычайную легкость представлять себѣ весьма сложныя группировки конкретныхъ предметовъ и чрезвычайную трудность усваивать абстрактныя понятія и формулировать ихъ въ общихъ признакахъ. Начнемъ съ произведеній художественной литературы.

Что прежде всего поражаетъ читателя-француза, когда онъ перелистываетъ англійскій романъ, будь то произведеніе мастера, какъ Диккенсъ или Джоржъ Элліотъ, или первый опытъ молодой

авторши, мечтающей о литературной славѣ? Его прежде всего поражаетъ длина и подробность описаній. Сначала картинность описаній каждаго предмета возбуждаетъ его любопытство, но скоро онъ теряетъ изъ виду цѣлое. Многочисленные образы, вызванные авторомъ, сталкиваются, смѣшиваются, а онъ непрестанно вызываетъ новые, вносящіе еще большую путанницу. Дойдя до четверти описанія, онъ забываетъ уже начало. Онъ начинаетъ перелистывать страницы, не читая ихъ, испуганный этимъ перечисленіемъ конкретныхъ вещей, какъ въ какомъ-то кошмарѣ дефилирующихъ передъ нимъ, однѣ за другими. Его глубокій, но узкій умъ жаждетъ такихъ описаній, какъ у Лоти, напримѣръ, умѣющаго въ трехъ строкахъ сжать существенную идею, душу цѣлаго ландшафта. Англичанинъ подобныхъ желаній не знаетъ. Всѣ эти видимыя и осязаемыя вещи, которыя описываетъ самымъ точнымъ образомъ его соотечественникъ-романистъ, онъ видитъ безъ труда во всемъ ансамблѣ, каждую на своемъ мѣстѣ, со всѣми характерными для нея деталями. Тамъ, гдѣ мы, французы, видимъ только угнетающій, подавляющій насъ хаосъ, англичанинъ видитъ картину, которая приводитъ его въ восхищеніе.

Итакъ, французскій умъ столь силенъ, что онъ не боится абстракціи, обобщенія, но слишкомъ узокъ для того, чтобы сумѣть представить себѣ что-нибудь сложное раньше, чѣмъ оно приведено въ полный порядокъ, тогда какъ у англичанина характернымъ является умъ широкій, но слабый. Какую область творчества мы ни взяли бы, мы вездѣ найдемъ эту противоположность, сравнивая произведенія того и другого народа.

Не поискать ли ее среди произведеній драматическихъ? Возьмемъ героя Корнеля, Августа, переходящаго отъ мести къ милосердію, или Родрига, въ душѣ котораго происходитъ борьба между сыновней любовью и любовью къ женщинѣ. Два чувства борятся въ его душѣ, но какой великолѣпный порядокъ въ ихъ описаніи. Каждое изъ нихъ выступаетъ, когда наступаетъ его очередь, подобно двумъ адвокатамъ, обосновывающимъ въ судебной залѣ въ превосходно составленныхъ рѣчахъ свои доводы. И когда доводы ясно изложены съ той и съ другой стороны, воля заключаетъ дебаты своимъ рѣшеніемъ, столь точнымъ, какъ приговоръ суда или математическій выводъ.

Теперь представимъ себѣ на мѣстѣ Августа или Родрига Корнеля—леди Макбетъ или Гамлета Шекспира. Какая смѣсь неясныхъ, не вполнѣ опредѣлившихся чувствъ съ расплывчатыми контурами,

мало между собой связанныхъ, то достигающихъ преобладанія, то подавленныхъ другими! Воспитанный на нашемъ классическомъ театрѣ зритель-французъ совершенно теряетъ силы въ тщетныхъ усиліяхъ понять такихъ дѣйствующихъ лицъ, т. е. изъ опредѣленнаго состоянія души вывести эту смѣну тѣлодвиженій, эту кучу словъ, неточныхъ, противорѣчивыхъ. Зритель-англичанинъ не знаетъ этого тяжкаго труда; онъ не старается понять дѣйствующихъ лицъ, классифицируя и систематизируя ихъ жесты, а онъ довольствуется тѣмъ, что онъ видитъ ихъ въ ихъ живой связи.

Не разсмотрѣть ли еще эту противоположность между умомъ французскимъ и англійскимъ въ сочиненіяхъ философскаго характера? Возьмемъ вмѣсто Корнеля и Шекспира Декарта и Бэкона.

Какимъ предисловіемъ начинаетъ Декартъ свое сочиненіе? «Къ вопросу о методѣ» Каковъ же методъ этого ума сильнаго, но узкаго? Вотъ его задача: «установить порядокъ въ мысляхъ, начиная съ вещей наиболѣе простыхъ и наиболѣе доступныхъ познанію, и постепенно переходить къ познанію вещей болѣе сложныхъ, предполагая порядокъ даже между такими, которыя въ дѣйствительности вовсе не предшествуютъ однѣ другимъ».

И какія же вещи «наиболѣе доступны познанію», съ какихъ «необходимо начинать?» Декартъ говоритъ объ этомъ неоднократно. Это все вещи простѣйшія, а *подъ* этимъ онъ подразумѣваетъ вещи наиболѣе абстрактныя, понятія, совершенно обнаженныя отъ доступныхъ воспріятію признаковъ, принципы, наиболѣе универсальные, сужденія наиболѣе общія—касательно бытія и мышленія, самыя основныя математическія истины.

Исходя изъ этихъ принциповъ, дедуктивный методъ развиваетъ свои силлогизмы, длинная цѣпь которыхъ, состоящая изъ звеньевъ, вполнѣ провѣренныхъ, связываетъ крѣпкой связью основы системы со всѣми, самыми спеціальными выводами. «Длинныя цѣпи положеній столь простыхъ и легкихъ, которыми пользуются обыкновенно геометры, чтобы придти къ своимъ наиболѣе труднымъ доказательствамъ, внушили мнѣ мысль представить себѣ, что всѣ вещи, доступныя познанію человѣка, *такимъ же образомъ слѣдуютъ* другъ за другомъ. Если только быть осторожнымъ и не принимать за истину то, что не истинно, и соблюдать порядокъ, необходимый для того, чтобы вывести одну вещь изъ другой, то не окажется ничего слишкомъ отдаленнаго, чего нельзя было бы въ концѣ концевъ достичь, ни столь скрытаго, что оно не могло бы быть открыто».

Какого источника ошибокъ опасается еще Декартъ въ случаѣ примѣненія этого метода, столь точнаго и строгаго? Онъ боится упущенія, ибо онъ чувствуетъ, что у него узкій умъ, что ему трудно представить себѣ какое-нибудь сложное цѣлое. Въ виду этого онъ принимаетъ предосторожности, дѣлаетъ провѣрку, рѣшая «отъ времени до времени все пересчитывать, дѣлать общіе обзоры, чтобы оградить себя отъ всякаго возможнаго упущенія».

Вотъ таковъ этотъ картезіанскій методъ, точное примѣненіе котораго мы находимъ въ Принципахъ Философіи. Здѣсь сильный, но узкій умъ вполнѣ ясно изложилъ механизмъ своей работы.

Откроемъ теперь книгу Бэкона «*Novum Organum*». Не станемъ сдѣсь искать метода автора, ибо онъ таковаго не имѣетъ. Распорядокъ его книги сводится къ подраздѣленію, дѣтски простому. Въ *Pars destruens* онъ ругаетъ Аристотеля, «испортившаго философію природы своей діалектикой и построившаго міръ при помощи своихъ категорій». Въ *Pars aedificans* онъ восхваляетъ истинную философію Философія эта не имѣетъ цѣлью построить ясную и вполнѣ упорядоченную систему истинъ, логически вытекающихъ изъ вполнѣ достовѣрныхъ принциповъ. Цѣль ея вполнѣ практическая, я позволю себѣ даже сказать, совершенно коммерческая. «Необходимо разсмотрѣть, какое руководящее правило наиболѣе желательно, чтобы вызвать въ какомъ-нибудь данномъ тѣлѣ опредѣленное новое свойство и объяснить его въ простыхъ выраженіяхъ и по возможности яснѣе».

«Если хотятъ, напримѣръ, придать серебру цвѣтъ золота или болѣе тяжелый вѣсъ (приспособляясь къ законамъ матеріи) или придать прозрачность какому-нибудь камню непрозрачному или вязкость стеклу, или способность роста тѣлу, этой способностью не обладающему, необходимо, говоримъ мы, разсмотрѣть, какое руководящее правило наиболѣе для этого желательно».

Научаютъ ли насъ эти предписанія производить наши эксперименты по точно установленнымъ правиламъ и ихъ классифицировать? Даютъ ли они намъ средства для классификаціи нашихъ наблюденій? Никоимъ образомъ. Опытъ производится безъ предвзятой мысли, наблюденія накопляются безъ всякаго плана, результаты, совершенно необработанные, заносятся въ таблицы, какъ факты положительные, факты отрицательные, степени или сравненія, исключенія или отрицанія, въ которыхъ французскій умъ не

усмотрѣлъ бы ничего, кромѣ беспорядочной кучи мало пригодныхъ документовъ. Правда, Бэконъ охотно выставляетъ опредѣленныя категоріи фактовъ, которымъ онъ отдаетъ предпочтеніе. Но этихъ категорій онъ не классифицируетъ, а только перечисляетъ; онъ не анализируетъ ихъ, чтобы объединить въ одинъ видъ всѣ, которыя не могутъ быть сведены одна къ другой, а онъ перечисляетъ двадцать семь видовъ и оставляетъ насъ въ полной неизвѣстности, почему онъ прекращаетъ перечисленіе на двадцать седьмомъ. Онъ не ищетъ точной формулы, которой характеризовалась бы и опредѣлялась каждая изъ этихъ категорій избранныхъ фактовъ, а онъ довольствуется тѣмъ, что онъ снабжаетъ ее названіемъ, вызывающимъ доступный восприятію образъ: факты изолированные, переселеніе, факты показательные, тайные, пучекъ, факты пограничные и враждебные, союзы, крестъ, ссора, лампа, дверь, теченіе воды. Таковъ хаосъ, который люди—никогда не читавшіе Бэкона—противополагаютъ методу Декарта въ качествѣ метода Бэкона. Ни въ одномъ другомъ сочиненіи слабость англійскаго ума не обнаруживается такъ ясно сквозь прикрывающую ее широту ума.

Если умъ Декарта является характернымъ для всей философіи французской, то способность представленія, которую мы находимъ у Бэкона, его склонность къ конкретному и практическому, его незнаніе абстракціи и дедукціи и презрѣніе къ нимъ вошли въ плоть и кровь философіи англійской. «Локкъ [1]), Юмъ, Бентамъ и оба Милля одинъ за другимъ изложили философію опыта и наблюденія. Утилитарная мораль, индуктивная логика, ассоціаціонная психологія — вотъ тѣ великія пріобрѣтенія, которыя внесла англійская философія» въ сокровищницу общечеловѣческой мысли. Всѣ эти мыслители достигали своихъ цѣлей не столько при помощи общихъ разсужденій, сколько накопленіемъ примѣровъ. Вмѣсто того, чтобы строить цѣпь умозаключеній, они накопляли факты. Дарвинъ или Спенсеръ не вступаютъ со своими противниками въ ученый споръ, а они уничтожаютъ ихъ, побивая ихъ каменьями.

Эта противоположность между умомъ французскимъ и англійскимъ проявляется во всѣхъ произведеніяхъ ума человѣческаго, какъ и во всѣхъ проявленіяхъ жизни соціальной.

Есть ли большая противоположность, напримѣръ, чѣмъ проти-

---

[1]) A. Chevrillon: Sydney Smith et la renaissance des idées libérales en Angleterre au XIX siècle, стр. 90; Paris, 1894.

воположность между нашимъ французскимъ правомъ, сгруппированнымъ въ кодексы, въ которыхъ параграфы методически подведены подъ заглавія, выражающія вполнѣ ясно опредѣленныя абстрактныя понятія, и законодательствомъ англійскимъ, представляющимъ кучу законовъ и установленій обычнаго права, совершенно между собой несвязанныхъ и часто прямо противорѣчивыхъ, со времени Великой Хартіи во множествѣ накопившихся безъ всякаго плана, такъ что новыя вовсе не отмѣняли старыхъ? Англійскіе судьи ничуть не смущаются этимъ хаотическимъ состояніемъ законодательства, имъ не нуженъ ни какой-нибудь Потье, ни какой-нибудь Порталисъ, и безпорядокъ въ текстахъ, которыми имъ приходится пользоваться, ихъ вовсе не безпокоитъ. Потребность въ порядкѣ обнаруживаетъ узость ума, который, не будучи въ состояніи обнять многое однимъ взглядомъ, нуждается въ путеводителѣ, который могъ бы познакомить его съ каждымъ изъ элементовъ этого многаго одинъ за другимъ безъ упущенія и безъ повторенія.

Англичанинъ по существу своему консерваторъ. Онъ соблюдаетъ всѣ традиціи, каково бы ни было ихъ происхожденіе. Онъ безъ смущенія ставитъ рядомъ память о Кромвелѣ съ памятью о Карлѣ I. Исторію своей страны онъ представляетъ себѣ такой, какой она была въ дѣйствительности: въ видѣ ряда различныхъ и образующихъ контрасты фактовъ, гдѣ каждая политическая партія то добивалась успѣховъ, то терпѣла пораженіе, совершала и преступленія и славныя дѣла. Такая любовь къ традиціи, уважающая все прошлое, совершенно несовмѣстима съ узостью французскаго ума. Французу нравится исторія ясная и простая, развитая въ извѣстномъ порядкѣ и по извѣстному методу, когда всѣ событія вытекаютъ изъ политическихъ принциповъ, на которые она ссылается, такимъ же образомъ, какъ слѣдствія вытекаютъ изъ математической теоремы. Если дѣйствительность не даетъ ему такой исторіи, то тѣмъ хуже для этой дѣйствительности: онъ будетъ тогда искажать факты, одни устранять, другіе придумывать, ибо онъ предпочитаетъ имѣть романъ ясный и методически написанный, чѣмъ вѣрную правдѣ исторію, но спутанную и сложную.

Узость ума возбуждаетъ въ французѣ стремленіе къ ясности, порядку и опредѣленному методу, и эта любовь его къ ясности, порядку и методу заставляетъ его въ каждой области срывать и уничтожать все, завѣщанное прошлымъ, чтобы строить настоящее на совершенно ровномъ мѣстѣ. Декартъ, наиболѣе характерный, пожалуй, представитель французскаго ума, попытался сформулиро-

вать [1]) принципы, на которые ссылались всѣ люди, столь часто разрушавшіе цѣпь нашихъ традицій. «Такъ, постройки, предпринятыя и выполненныя однимъ архитекторомъ, бываютъ обыкновенно красивѣе и лучше расположены, чѣмъ постройки, которыя поправляли многіе и для которыхъ воспользовались старыми зданіями, предназначенными для другой цѣли. Такъ группы старыхъ домовъ, составлявшія нѣкогда небольшія селенія и съ теченіемъ времени превратившіяся въ крупные города, бываютъ гораздо хуже распредѣлены, чѣмъ дома, построенные однимъ инженеромъ на ровномъ мѣстѣ и по одному плану. Пусть нѣкоторыя отдѣльныя зданія являются образцомъ искусства, все же при взглядѣ на плохой порядокъ ихъ, на эту смѣну то большихъ, то маленькихъ зданій, на кривыя, извилистыя улицы, невольно скажешь, что скорѣе здѣсь хозяйничалъ случай, чѣмъ воля разумныхъ людей». Въ томъ мѣстѣ великій философъ заранѣе превозноситъ вандализмъ, разрушившій въ эпоху Людовика XIV такое множество памятниковъ прошлыхъ столѣтій; онъ проповѣдуетъ Версаль.

Французъ представляетъ себѣ ходъ соціальной и политической жизни только какъ постоянное возрожденіе, какъ непрерывный рядъ революцій; англичане же видятъ въ немъ непрерывное развитіе. Тэнъ показалъ, какое рѣшительное вліяніе имѣлъ на исторію Франціи классическій духъ, т. е. сильный, но узкій умъ, которымъ одарено большинство французовъ. Въ такой же мѣрѣ нетрудно усмотрѣть въ ходѣ исторіи Англіи слѣды широкаго, но слабаго ума англійскаго народа [2]).

Мы разсмотрѣли въ различныхъ ихъ проявленіяхъ способность представлять себѣ много конкретныхъ фактовъ въ связи съ неспособностью постичь идеи абстрактныя и общія. Послѣ этого намъ не покажется удивительнымъ и то, что умы широкіе, но слабые создали свой типъ физическихъ теорій, противоположный типу, созданному умами сильными, но узкими. Не найдемъ мы также ничего удивительнаго и въ томъ, что этотъ новый типъ достигъ наибольшаго своего развитія въ произведеніяхъ «той великой англій-

---

[1]) Descartes: Discours de la Méthode.

[2]) Читатель найдетъ очень подробный, остроумный и хорошо обоснованный доказательствами анализъ широкаго и слабаго англійскаго ума въ книгѣ André Chevrillon; Sydney Smith et la renaissance des idées libérales en Angleterre au XIX siecle, Paris, 1894.

ской школы [1]) математической физики, работы которой образують одно изъ наиболѣе славныхъ дѣлъ XIX вѣка».

§ V.—*Англійская физика и механическая модель.*

Когда французъ изучаетъ работы по физикѣ, опубликованныя въ Англіи, онъ на каждомъ шагу наталкивается на одинъ элементъ, возбуждающій сильнѣйшее его изумленіе. Элементъ этотъ, почти всегда сопутствующій изложенію теоріи, есть модель. Ничто не дѣлаетъ столь нагляднымъ различіе между англійскимъ способомъ построенія науки и французскимъ, какъ пользованіе этой моделью.

Передъ нами два наэлектризованныхъ тѣла. Нужно создать теорію взаимнаго ихъ притяженія или отталкиванія. Физикъ французскій или нѣмецкій, называется ли онъ Пуассонъ или Гауссъ, представляетъ себѣ во внѣшней средѣ этихъ тѣлъ нѣкоторую абстракцію, которую обозначаетъ названіемъ матеріальной точки, въ связи съ нѣкоторой другой абстракціей, которая называется электрическимъ зарядомъ. Затѣмъ онъ старается вычислить третью абстракцію—силу, дѣйствующую на матеріальную точку. Онъ даетъ формулы, дающія возможность опредѣлить величину и направленіе этой силы при всякомъ возможномъ положеніи этой матеріальной точки. Изъ этихъ формулъ онъ дѣлаетъ рядъ выводовъ. Онъ показываетъ, что въ каждой точкѣ пространства сила имѣетъ направленіе по касательной къ нѣкоторой опредѣленной линіи—къ силовой линіи. Далѣе онъ показываетъ, что всѣ силовыя линіи направлены перпендикулярно къ извѣстнымъ поверхностямъ, уравненіе которыхъ онъ даетъ,—къ поверхностямъ равнаго потенціала—и въ частности, что онѣ направлены перпендикулярно къ поверхностямъ двухъ электрическихъ проводниковъ, относящимся къ ряду поверхностей равнаго потенціала. Онъ вычисляетъ силу, дѣйствующую на каждый элементъ этихъ двухъ поверхностей, и, наконецъ, складываетъ всѣ эти элементарныя силы по правиламъ статики, и онъ знаетъ законы взаимнаго притяженія или отталкиванія двухъ электрическихъ тѣлъ.

Вся эта теорія электростатики представляетъ собою нѣкоторое сочетаніе абстрактныхъ понятій и общихъ положеній, сформулированныхъ въ ясныхъ и точныхъ выраженіяхъ геометріи и алгебры

---

[1]) O. Lodge: Les Théories modernes de l'Electricité. Essai d'une théorie nouvelle. Traduit de l'anglais et annoté par E. Meylan, стр. 3, Paris, 1891.

и связанныхъ между собою правилами строгой логики. Эта система вполнѣ удовлетворяетъ умъ французскаго физика, его стремленіе къ ясности, простотѣ и порядку.

У англичанина все обстоитъ иначе. Абстрактныя понятія матеріальной точки, силы, силовой линіи, поверхности равнаго потенціала не удовлетворяютъ его потребности представить себѣ конкретныя матеріальныя вещи, видимыя и осязательныя. «Покуда мы придерживаемся этого метода описанія, говоритъ одинъ англійскій физикъ [1]), мы не можемъ создать себѣ абстрактнаго представленія о явленіяхъ, происходящихъ въ дѣйствительности». Чтобы удовлетворить эту потребность, онъ создаетъ себѣ модель.

Французскій или нѣмецкій физикъ представляетъ себѣ въ пространствѣ, раздѣляющемъ два кондуктора, абстрактныя силовыя линіи, не имѣющія никакой толщины и вообще реально не существующія. Англійскій физикъ сейчасъ же матеріализуетъ эти линіи, придаетъ имъ толщину трубки, которую онъ изготовляетъ изъ вулканизированнаго каучука. Вмѣсто группы идеальныхъ силовыхъ линій, представляемыхъ только въ умѣ, къ его услугамъ пучекъ упругихъ нитей, видимыхъ и осязаемыхъ, которыя, упираясь своими двумя концами въ поверхности обоихъ кондукторовъ, находятся въ состояніи напряженія, стремясь къ сокращенію и одновременному утолщенію. Сближая оба кондуктора, онъ видитъ, какъ эти упругія нити сжимаются, онъ ясно видитъ, какъ каждая изъ нихъ сжимается и набухаетъ. Вотъ такова знаменитая модель электростатическихъ дѣйствій, придуманная Фарадеемъ, — модель, которую Максвелль и вся англійская школа превозноситъ, какъ произведеніе генія.

Пользованіе подобными механическими моделями, вызывающими въ памяти, при помощи извѣстныхъ болѣе или менѣе грубыхъ аналогій, частности излагаемой теоріи,—дѣло обычное въ англійскихъ работахъ по физикѣ. Одни ученые пользуются этимъ средствомъ не очень часто, другіе, напротивъ, прибѣгаютъ къ этимъ механическимъ описаніямъ на каждомъ шагу. Вотъ предъ нами книга [2]), въ которой излагаются современныя теоріи электричества. На каждомъ шагу вы находите здѣсь веревки, переброшенныя черезъ блоки, продѣтыя сквозь небольшія кольца и носящія тяжести, трубки, изъ которыхъ однѣ насасываютъ воду, другія набухаютъ, стягиваются и растягиваются, зубчатыя колеса, сцѣпленныя между

---

[1]) O. Lodge: Op. cit., стр 16.

[2]) O. Lodge: Op. cit. passim.

собой или съ зубчатыми стержнями. Мы надѣялись попасть въ мирное и заботливо упорядоченное хозяйство дедуктивнаго разума, а попали на какой-то заводъ.

Пользованіе подобными механическими моделями вовсе не облегчаетъ читателю-французу усвоеніе теоріи. Напротивъ того, въ лучшемъ случаѣ ему приходится затратить не мало силъ, чтобы понять функцію аппарата, порой весьма сложнаго, который описываетъ ему англійскій авторъ, и уразумѣть аналогіи между свойствами этого аппарата и положеніями теоріи, которую онъ долженъ иллюстрировать. Часто онъ тратитъ на это больше силъ, чѣмъ ему пришлось бы затратить, чтобы понять абстрактную теорію, которую аппаратъ долженъ воспроизвести во всей ея чистотѣ.

Напротивъ того, англичанинъ считаетъ пользованіе моделью совершенно необходимымъ для изученія физики, и видъ модели чуть ли не смѣшивается для него въ одно непрерывное цѣлое со смысломъ самой теоріи. Удивительно то, что то же смѣшеніе вида модели со смысломъ теоріи было формально признано и провозглашено ученымъ, который въ настоящее время представляетъ собой наивысшее воплощеніе научнаго генія англичанъ. Мы говоримъ объ ученомъ, давно прославившемъ свое имя Уилльяма Томсона и возведенномъ въ перы подъ именемъ лорда Кельвина.

«Цѣль моя, говоритъ, У. Томсонъ въ своихъ лекціяхъ по молекулярной динамикѣ [1]), показать, какъ къ каждой категоріи физическихъ явленій, подлежащихъ нашему разсмотрѣнію, можно построить, какова бы ни была природа этихъ явленій, механическую модель, удовлетворяющую поставленнымъ условіямъ. Когда мы изучаемъ явленія упругости твердыхъ тѣлъ, мы чувствуемъ потребность представить себѣ модель этихъ явленій. Въ другой разъ мы разсматриваемъ свѣтовыя колебанія и намъ нужна модель тѣхъ дѣйствій, которыя проявляются въ соотвѣтствующихъ фактахъ. Мы чувствуемъ потребность связать съ этой моделью наше пониманіе всей совокупности соотвѣтственныхъ явленій. Мнѣ кажется, что когда мы спрашиваемъ себя, понимаемъ ли мы, или не понимаемъ соотвѣтственной физической проблемы, то смыслъ этого вопроса таковъ: въ состояніи ли мы построить соотвѣтственную механическую модель? Я крайне изумленъ и восхищенъ ме-

---

[1]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, and the Wawe—Theory of Light. John Hopkins University, Baltimore, 1884, стр. 131. См. также: Sir W. Thomson (lord Kelvin); Conférences scientifiques et allocutions, trad. par P. Lugol et annotées par M. Brillouin: Constitution de la matiére, Paris, 1893.

ханической моделью электромагнитной индукціи, которой мы обязаны Максвеллю. Онъ создалъ модель, на которой можно воспроизвести всѣ удивительныя дѣйствія, вызываемыя электричествомъ посредствомъ инуктированныхъ токовъ и т. д. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что подобнаго рода механическая модель чрезвычайно поучительна и представляетъ собой вполнѣ опредѣленный шагъ впередъ къ созданію ясной и опредѣленной механической теоріи электромагнитныхъ явленій».

«Изучая какой нибудь предметъ, говоритъ еще У. Томсонъ въ другомъ мѣстѣ [1]), я никогда не чувствую удовлетворенія, покуда я не могу построить соотвѣтственной механической модели. Когда я могу построить механическую модель, я понимаю; когда же я не въ состояніи построить соотвѣтственную механическую модель, я не понимаю; и по этой причинѣ я не понимаю электромагнитной теоріи свѣта. Я твердо вѣрю въ электромагнитную теорію свѣта. Когда мы будемъ понимать электричество, магнитизмъ и свѣтъ, мы будемъ разсматривать ихъ, какъ части одного цѣлаго. Но я желалъ бы понимать свѣтъ возможно лучше, не вводя вещей, которыя я еще меньше понимаю. И вотъ почему я обращаюсь къ чистой динамикѣ: только въ чистой динамикѣ я могу найти модель, но не въ электромагнитизмѣ».

Понимать физическое явленіе значитъ для физиковъ англійской школы построить модель, воспроизводящую это явленіе. Слѣдовательно, понимать природу матеріальныхъ вещей значитъ для нихъ представить себѣ механизмъ, работа котораго воспроизводила бы свойства тѣлъ или подражала бы имъ. Англійская школа находится всецѣло подъ вліяніемъ мысли чисто механическихъ объясненіяхъ физическихъ явленій.

Чисто абстрактная теорія, провозглашенная Ньютономъ и подробно изученная нами выше, представляется адептамъ этой школы мало понятной.

«Есть, пишетъ У. Томсонъ [2]), другая группа теорій, имѣющихъ своей основой небольшое число обобщеній данныхъ опыта. Теоріи эти въ настоящее время весьма распространены. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ дали новые и важные результаты, подтвержденные впослѣдствіи на опытѣ. Таковы динамическая теорія теплоты, волнообразная теорія свѣта и т. д. Въ основѣ первой

[1]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, стр. 270.

[2]) W. Thomson and P. G. Tait: Treatise on natural Philosophy, vol. 1, 1 part., art. 385.

теоріи лежитъ та, исходящая изъ данныхъ опыта, мысль, что теплота есть одна изъ формъ энергіи. Мы находимъ въ ней не мало формулъ, въ настоящее время довольно темныхъ и не поддающихся интерпретаціи, ибо мы не знаемъ движеній и деформацій молекулъ... Съ той же трудностью мы встрѣчаемся и въ теоріи свѣта. Но для того чтобы этотъ мракъ совершенно разсѣялся, мы должны кое-что знать о послѣднемъ или молекулярномъ строеніи тѣлъ или группъ молекулъ; до настоящаго же времени молекулы намъ знакомы только въ формѣ аггрегатовъ».

Эта склонность къ объяснительнымъ и механическимъ теоріямъ не достаточна, конечно, для того, чтобы служить отличительнымъ признакомъ англійскихъ теорій отъ научныхъ традицій, процвѣтающихъ въ другихъ странахъ. Механическія теоріи нашли наиболѣе ясное свое выраженіе у генія французской крови, у Декарта. Голландецъ Гюйгенсъ и швейцарская школа братьевъ Бернулли боролись за строгую чистоту принциповъ атомистики. Школа англійская отличается отъ другихъ не попытками свести матерію къ механизму, а спеціальной формой, въ которой эти попытки дѣлались.

Вездѣ, гдѣ механическія теоріи пускали корни, вездѣ, гдѣ онѣ развивались, онѣ обязаны были непосредственнымъ своимъ зарожденіемъ и развитіемъ слабой способности къ абстракціи, побѣдѣ силы представленія надъ разумомъ—въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Если Декартъ и послѣдовавшіе за нимъ философы не приписывали матеріи никакихъ другихъ свойствъ, кромѣ чисто геометрическихъ или кинематическихъ, то это произошло потому, что такія свойства были скрыты, что они не были доступны представленію. Сведеніе матеріи къ геометріи великими мыслителями XVII столѣтія ясно доказываетъ, что склонность къ глубокимъ метафизическимъ абстракціямъ ослабѣла въ эту эпоху, истощившись въ эксцессахъ пришедшей въ упадокъ схоластики.

Но эта склонность къ абстракціи могла лишь ослабѣть у великихъ физиковъ Франціи, Голландіи, Швейцаріи и Германіи, но она никогда не замирала совершенно. Правда, гипотеза, что все въ матеріальной природѣ можетъ быть сведено къ геометріи и кинематикѣ, есть побѣда воображенія надъ разумомъ. Но уступивъ въ этомъ существенномъ пунктѣ, разумъ вступаетъ, по крайней мѣрѣ, въ свои права, когда дѣло идетъ о выводѣ слѣдствій, о построеніи механизма, который долженъ изображать матерію. Свойства этого механизма должны логически вытекать изъ гипотезъ,

принятыхъ въ качествѣ основъ космологической системы. Такъ, Декартъ, напримѣръ, и за нимъ Мальбраншъ, стараются послѣ того, какъ *они приняли положеніе*, что сущность матеріи есть протяженность, вывести отсюда, что природа матеріи вездѣ одна и та же, что не можетъ быть нѣсколькихъ, отличныхъ другъ отъ друга матеріальныхъ субстанцій, что различныя части матеріи могутъ различаться между собой исключительно по формѣ и движеніямъ, что равное количество матеріи занимаетъ всегда равное пространство, такъ что матерія не сжимаема. И они пытаются логически построить систему, объясняющую явленія природы исключительно при помощи этихъ двухъ элементовъ: формы находящихся въ движеніи частей и движенія, которое эти части выполняютъ.

Итакъ, построеніе механизма, который служилъ бы для объясненія законовъ физики, подчинено опредѣленнымъ логическимъ условіямъ и должно соотвѣтствовать извѣстнымъ принципамъ. Но этого мало: тѣла, изъ которыхъ строится этотъ механизмъ, совсѣмъ не похожи на видимыя и конкретныя тѣла, которыя мы постоянно наблюдаемъ и держимъ въ рукахъ. Они состоятъ изъ матеріи абстрактной, идеальной, опредѣляющейся принципами космологіи, изъ которой исходитъ физикъ, — матеріи, не доступной нашимъ чувствамъ, видимой и осязательной только для нашего разума,— матеріи картезіанской, которая есть только протяженность и движеніе, или матеріи атомистической, не имѣющей никакихъ другихъ свойствъ, кромѣ формы и твердости.

Когда же англійскій физикъ ищетъ модели для воспроизведенія группы физическихъ законовъ, его не интересуетъ никакой принципъ космологическій, онъ не соображается ни съ какимъ логическимъ требованіемъ. Онъ не старается вывести свою модель изъ какой нибудь философской системы, ни даже привести ее въ согласіе съ таковой. У него одна только цѣль: создать видимое и осязательное изображеніе абстрактныхъ законовъ, которыхъ безъ помощи этой модели его умъ постичь не можетъ. Если его механизмъ достаточно конкретенъ, достаточно ясенъ для воображенія, его мало заботитъ, окажется ли онъ удовлетворительнымъ съ точки зрѣнія атомистической космологіи и не будетъ ли онъ осужденъ съ точки зрѣнія принциповъ картезіанской философіи.

Англійскій физикъ не обращается ни къ какой метафизикѣ за элементами, изъ которыхъ онъ могъ бы построить свой механизмъ. Онъ не задается вопросомъ о не сводимыхъ далѣе свойствахъ последнихъ элементовъ матеріи. У. Томсомъ, напримѣръ, никогда не

задается философскими вопросами, вродѣ слѣдующихъ: не прерывна ли матерія или она состоитъ изъ индивидуальныхъ элементовъ? измѣнчивъ ли или не измѣнчивъ объемъ послѣдняго элемента матеріи? каковы дѣйствія атома, происходятъ ли они на разстояніи или только при прикосновеніи? Такіе вопросы вовсе и не возникають въ его умѣ, а если они и возникаютъ, онъ отбрасываетъ ихъ, какъ вопросы праздные и вредные для развитія науки.

«Идея атома, говоритъ онъ [1]), постоянно связывается съ недопустимыми допущеніями, каковы допущенія безконечной твердости, абсолютной неупругости, мистическихъ дѣйствій на разстояніи, недѣлимости. Вслѣдствіе этого въ наше время химики и немалое число другихъ разумныхъ естество-испытателей потеряли съ этимъ атомомъ всякое терпѣніе и совершенно изгнали его въ царство метафизики. Они сдѣлали изъ него нѣчто такое, что гораздо меньше всего того, что можетъ быть постигнуто. Но если атомъ непостижимо малъ, то почему химическіе процессы не происходятъ съ безконечной быстротой? Химія не въ состояніи рѣшать этотъ вопросъ, какъ и множество другихъ проблемъ, еще болѣе важнаго значенія. Она стиснута неподвижностью своихъ основныхъ предпосылокъ, мѣшающихъ ей разсматривать атомъ, какъ реальную часть матеріи, занимающую конечное пространство, имѣющую размѣры, поддающіеся измѣренію, и служащую для построенія всѣхъ осязаемыхъ тѣлъ».

Тѣла, изъ которыхъ англійскій физикъ строитъ свои модели, не абстрактныя представленія, созданныя метафизикой. Нѣтъ, это конкретныя тѣла, сходныя съ тѣми, которыя насъ окружаютъ, они тверды или жидки, сгибаемы или несгибаемы, летучи или вязки. И эту твердость, летучесть, упругость, гибкость или вязкость нѣтъ надобности понимать, какъ абстрактныя свойства, опредѣленіе которыхъ вытекало бы изъ той или другой космологіи. Свойства эти никогда не опредѣляются, а только представляются при помощи доступныхъ воспріятію образовъ: твердость вызываетъ образъ глыбы стали, гибкость—образъ шелковичнаго кокона, вязкость—образъ глицерина. Чтобы возможно осязательнѣе представить конкретный характеръ тѣлъ, изъ которыхъ онъ строитъ свои механизмы, У. Томсонъ готовъ ихъ обозначить самыми употребительными выраженіями; онъ говоритъ о сонеткѣ, шнуркѣ, студнѣ. Врядъ

[1]) W. Thomson: The Size of Atoms, Nature, 1870.—Réimprimé dans Thomson and Tait: Treatise an Natural Philosophy, II e part., app. F.

ли возможно яснѣе показать, что дѣло идетъ здѣсь не объ обобщеніяхъ, которыя должны быть поняты разумомъ, а о механизмахъ, которые нужно видѣть въ воображеніи.

Врядъ ли также можно яснѣе показать, что модели, съ которыми онъ насъ знакомитъ, не должно разсматривать, какъ объясненія законовъ природы. Кто предписывалъ бы имъ такой смыслъ, того ожидали бы удивительныя неожиданности.

Навіэ и Пуассонъ выставили теорію упругости кристаллическихъ тѣлъ; тѣла эти въ общемъ характеризуются восемнадцатью различными другъ отъ друга коэффиціентами [1]). У. Томсонъ пытается иллюстрировать эту теорію съ помощью механической модели. «Мы тогда только могли считать себя удовлетворнными, говоритъ онъ [2]), когда намъ удалось создать модель съ восемнадцатью независимыми модулями». Модель эта состоитъ изъ восьми твердыхъ шаровъ, помѣщенныхъ на восьми вершинахъ параллелепипеда и связанныхъ другъ съ другомъ достаточнымъ числомъ упругихъ нитей. Сильное разочарованіе ожидало бы того, кто надѣялся бы, что видъ этой модели дастъ ему объясненіе законовъ упругости. Дѣйствительно, какъ объясняется упругость этихъ нитей? И эту модель великій физикъ не приводитъ въ качествѣ объясненія «Хотя молекулярное строеніе твердыхъ тѣлъ, предположенныхъ въ нашихъ разсужденіяхъ и механически воспроизведенныхъ въ нашей модели, и не должно разсматриваться, какъ нѣчто, вполнѣ точно осуществленное въ природѣ, тѣмъ не менѣе построеніе механической модели этого рода, безъ сомнѣнія, весьма поучительно».

§ VI.—Англійская школа и математическая физика.

Паскаль вполнѣ правильно замѣтилъ, что широта ума есть способность, играющая извѣстную роль во многихъ геометрическихъ изслѣдованіяхъ. Но въ еще большей мѣрѣ она есть способность, характеризующая геній ученаго, занимающагося чистой алгеброй. Дѣло такого ученаго—не анализъ абстрактныхъ понятій, не изслѣдованіе допустимости тѣхъ или другихъ общихъ прин-

---

1) По крайней мѣрѣ, согласно У. Томсону. Въ дѣйствительности Навіэ разсматривалъ только изотропныя тѣла. Согласно теоріи Пуассона, упругость кристаллическаго тѣла зависитъ только отъ 15 коэффиціентовъ. Принципы теоріи Навіэ, примѣненные къ тѣламъ кристаллическимъ, приводятъ къ тѣмъ же результатамъ.

2) W. Thomson. Lectures on molecular Dynamics, стр. 131.

циповъ, а удачныя, образованныя на основаніи твердо установленныхъ правилъ, комбинаціи знаковъ, которые могутъ быть записаны перомъ. Чтобы стать великимъ ученымъ въ этой области вовсе не нужна особая сила мышленія: достаточна для этого большая широта ума. Ловкость въ алгебраическихъ вычисленіяхъ есть не даръ разума, а признакъ большой способности воображенія.

Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго въ томъ, что способность къ алгебрѣ—явленіе весьма распространенное среди англійскихъ математиковъ. Она обнаруживается не только въ числѣ очень выдающихся ученыхъ, образующихъ англійскую школу, но и въ склонности англичанъ къ различнаго рода вычисленіямъ при помощи символовъ.

Пару словъ въ объясненіе этого явленія.

Человѣкъ съ умомъ не широкимъ лучше будетъ играть въ шашки, чѣмъ въ шахматы. Играя въ шашки, онъ въ своихъ комбинаціяхъ имѣетъ дѣло только съ двумя элементами, съ пѣшками и дамками, и правила, которыми онъ долженъ руководствоваться, весьма просты. Другое дѣло—игра въ шахматы: здѣсь столько же различныхъ элементарныхъ операцій, сколько видовъ фигуръ и нѣкоторыя изъ этихъ операцій, напримѣръ, ходъ конемъ, такъ сложны, что человѣкъ со слабой способностью воображенія, не можетъ не запутаться.

То же различіе, существующее между игрой въ шашки и игрой въ шахматы, существуетъ между классической алгеброй, которую всѣ примѣняютъ, и различными видами алгебраической символики, возникшими въ теченіе XIX столѣтія. Классическая алгебра пользуется немногими лишь элементарными операціями, которыя изображаются спеціальными символами, и каждая изъ этихъ операцій довольно проста. Сложное алгебраическое вычисленіе есть нечто иное, какъ длинный рядъ этихъ немногихъ элементарныхъ операцій, въ которыхъ оперируешь все одними и тѣми же знаками. Задачи символической алгебры—сократить эти вычисленія. Для осуществленія этой цѣли она къ элементарнымъ операціямъ классической алгебры присоединяетъ другія, которыя она разсматриваетъ, какъ элементарныя, которыя она обозначаетъ спеціальными символами и каждая изъ которыхъ есть выполненная по твердо установленнымъ правиламъ комбинація, сочетаніе операцій, заимствованныхъ изъ старой алгебры. Въ алгебрѣ символической можно почти сразу одной только операціей сдѣлать вычисленіе, которое въ старой алгебрѣ потребовало бы длиннаго ряда вспомогатель-

ныхъ вычисленій. Но для этого приходится пользоваться весьма большимъ числомъ различныхъ знаковъ, каждый изъ которыхъ связанъ весьма сложнымъ правиломъ. Вмѣсто игры въ шашки играютъ какъ бы въ шахматы, гдѣ каждая изъ различныхъ фигуръ имѣетъ свой особый ходъ.

Ясно, что склонность къ символической алгебрѣ есть признакъ широты ума и что она должна быть особенно распространенной именно у англичанъ.

Это предрасположеніе англійскаго ума къ обобщеннымъ алгебраическимъ вычисленіямъ, можетъ быть, не выступало бы такъ ясно, если бы мы ограничились перечисленіемъ математиковъ, создавшихъ эту систему вычисленій. Англійская школа съ гордостью могла бы указать на придуманные Гамильтономъ кватерніоны, но французы могли бы противопоставить этому теорію ключей Коши, а нѣмцы—ученіе о протяженіи Грасманна. Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго: у каждой націи могутъ быть мыслители съ широкимъ умомъ.

Однако, только у англичанъ широкій умъ—явленіе частое, привычное, особенно для нихъ характерное. И различные виды алгебраической символики, вычисленіе при помощи кватерніоновъ, какъ и векторный анализъ только у англійскихъ ученыхъ находятъ широкое примѣненіе. Вы найдете этотъ сложный сокращенный языкъ въ большинствѣ англійскихъ сочиненій по математикѣ. Математики французскіе или нѣмецкіе неохотно пользуются этимъ языкомъ. Они никогда не умѣютъ бѣгло пользоваться имъ, ни даже продумать его непосредственно въ формахъ, изъ которыхъ онъ состоитъ. Чтобы слѣдить за вычисленіемъ, выполненнымъ при помощи кватерніоновъ или векторнаго анализа, они вынуждены перевести сначала ихъ языкъ на языкъ классической алгебры. Одинъ изъ французскихъ математиковъ, наиболѣе основательно изучившій различные виды символическихъ вычисленій, Пауль Моренъ, сказалъ мнѣ однажды: «Я никогда не увѣренъ вполнѣ въ правильности результата, полученнаго при помощи кватерніоновъ, покуда не провѣрю его при помощи нашей старой картезіанской алгебры».

Если англійскіе физики часто пользуются различными видами символической алгебры, то въ этомъ нельзя не усмотрѣть проявленіе широты ихъ ума. Математическая теорія получаетъ при этомъ, правда, своеобразную оболочку, но сущность ея не получаетъ особой физіономіи. Стоитъ удалить эту оболочку, чтобы можно было одѣть эту теорію въ оболочку классической алгебры.

Но во многихъ случаяхъ недостаточно еще перемѣны оболочки, чтобы скрыть англійское происхожденіе теоріи математической физики, чтобы можно было принять ее за теорію французскую или нѣмецкую. Нѣтъ, англичане—и это всегда нетрудно узнать—при построеніи физической теоріи не всегда приписываютъ математикѣ ту же роль, что ученые континента.

Для француза или нѣмца физическая теорія есть по существу своему система логическая: совершенно правильныя дедукціи объединяютъ гипотезы, на которыхъ покоится теорія, съ выводами, которые можно изъ нихъ сдѣлать и которые хотятъ сравнить съ экспериментально установленными законами. Если ученый прибѣгаетъ къ помощи алгебраическаго вычисленія, то онъ дѣлаетъ это для того, чтобы легче было пользоваться цѣпью силлогизмовъ, которая должна связать выводы съ гипотезами. Но въ правильно построенной теоріи никогда не должна быть упущена изъ виду эта чисто вспомогательная роль алгебры. Вездѣ должна чувствоваться возможность замѣнить вычисленіе чисто логическимъ разсужденіемъ, сокращеннымъ выраженіемъ котораго оно является. Для того, чтобы эта подстановка могла быть выполнена точно и вполнѣ правильно, должно существовать точное и строгое соотвѣтствіе между символами, буквами, изъ которыхъ состоитъ алгебраическое вычисленіе, и свойствами, измѣреніемъ которыхъ занимается физикъ, между основными уравненіями, служащими исходнымъ пунктомъ для аналитика, и гипотезами, лежащими въ основѣ теоріи.

Такъ, и всѣ ученые во Франціи и Германіи, создавшіе основы математической физики, такіе ученые, какъ Лапласъ, Фурье, Коши, Амперъ, Гауссъ, Францъ Нейманнъ, съ чрезвычайной заботливостью работали надъ постройкой моста, который соединилъ бы исходный пунктъ теоріи съ путемъ, на которомъ должно было происходить развитіе алгебры. Они работали надъ опредѣленіемъ величинъ, которыми она будетъ оперировать, и подтвержденіемъ гипотезъ, изъ которыхъ будутъ сдѣланы соотвѣтствующіе выводы. Отсюда тѣ введенія, образцы ясности и метода, которыя мы находимъ въ началѣ большинства ихъ научныхъ работъ.

Эти введенія къ уравненіямъ физической теоріи вы никогда почти не найдете въ сочиненіяхъ англійскихъ авторовъ.

Хотите наглядный примѣръ?

Къ электродинамикѣ проводящихъ тѣлъ, созданной Амперомъ, Максвелль добавилъ новую электродинамику, электродинамику тѣлъ діэлектрическихъ. Эта часть физики исходитъ изъ разсмотрѣнія

элемента, по существу своему новаго, названнаго—довольно неудачно, впрочемъ—токомъ перемѣщенія (courant de deplacent). Онъ былъ введенъ въ дополненіе къ опредѣленію свойствъ діэлектрика въ какой-нибудь данный моментъ—свойствъ, недостаточно опредѣленныхъ въ этотъ моментъ одними данными поляризаціи,—какъ проводящій токъ былъ присоединенъ къ электрическому заряду въ дополненіе опредѣленія измѣнчиваго состоянія проводника. Оба тока обнаруживаютъ близкія аналогіи, но и глубокія различія. Съ введеніемъ этого новаго элемента электродинамика потерпѣла полное преобразованіе: намѣтились явленія, о существованіи которыхъ опытная наука даже не подозрѣвала, которыя открыты были Герцемъ лишь двадцать лѣтъ спустя; возникла новая теорія распространенія электрическихъ дѣйствій въ непроводящихъ средахъ, и эта теорія привела къ совершенно неожиданной интерпретаціи оптическихъ явленій, къ электромагнитной теоріи свѣта.

Прежде чѣмъ ввести въ свои уравненія этотъ новый, непредвидѣнный раньше элементъ, столь плодотворный неожиданными и важными послѣдствіями, Максвелль, надо бы думать, подвергъ его самому тщательному, самому строгому опредѣленію и анализу. Но откройте книгу, въ которой Максвелль изложилъ свою новую теорію электромагнитнаго поля и въ оправданіе введенія новаго элемента въ электродинамическія уравненія вы найдете только слѣдующія строки:

«Измѣненія электрическаго перемѣщенія должны быть прибавлены къ токамъ, чтобы получить полное движеніе электричества».

Чѣмъ же объясняется это почти полное отсутствіе опредѣленія, даже когда дѣло идетъ о новѣйшихъ и важнѣйшихъ элементахъ? Чѣмъ объясняется это равнодушное отношеніе къ уравненіямъ физической теоріи? Отвѣтъ на этотъ вопросъ, кажется, ясенъ самъ собой: въ то время, какъ для физика французскаго или нѣмецкаго алгебраическая часть теоріи должна точно замѣнять рядъ силлогизмовъ, которыми эта теорія развилась, она для физика англійскаго играетъ роль модели. Она представляетъ собой доступный воображенію рядъ знаковъ, измѣненія которыхъ, происходящія по правиламъ алгебры, болѣе или менѣе вѣрно воспроизводятъ законы подлежащихъ изученію явленій, какъ ихъ воспроизводилъ бы рядъ различныхъ тѣлъ, движущихся, согласно законамъ механики.

Поэтому, если французскій или нѣмецкій физикъ вводитъ опредѣленія, которыя позволили бы ему замѣнить логическій выводъ алгебраическимъ вычисленіемъ, то онъ долженъ соблюдать вели-

чайшую осторожность, подъ угрозой поколебать ту строгую точность, которая требуется въ его выводахъ. Когда же У. Томсонъ предлагаетъ механическую модель какой-нибудь группы явленій, онъ не затрудняетъ себя строго логическими разсужденіями для обоснованія точнаго соотвѣтствія между этой группой конкретныхъ тѣлъ и физическими законами, которые она должна представлять. Воображеніе, которое только и должна заинтересовать модель, вотъ единственный судья сходства, существующаго между образомъ и вещью, которую онъ представляетъ. Вотъ такъ же поступаетъ и Максвелль, предоставляя интуитивной способности воображенія сравнивать физическіе законы съ алгебраической моделью, которая должна ихъ представлять. Не останавливаясь на этомъ сравненіи, онъ слѣдитъ за работой модели. Онъ комбинируетъ электродинамическія уравненія, большей частью не заботясь о соотвѣтствіи каждой изъ этихъ комбинацій физическимъ законамъ.

Такая трактовка математической физики приводитъ французскаго или нѣмецкаго физика большей частью въ полное замѣшательство: ему и въ голову не приходитъ, что передъ нимъ просто модель, которая должна дѣйствовать на его воображеніе, но не на его умъ. Онъ не перестаетъ искать въ алгебраическихъ преобразованіяхъ рядъ дедуктивныхъ умозаключеній, которыя вели бы отъ ясно формулированныхъ гипотезъ къ выводамъ, способные быть подтверждены опытомъ, и, не найдя ихъ, онъ со страхомъ спрашиваетъ себя, что же собственно представляетъ собой теорія Максвелля? Человѣкъ, проникшій въ духъ математической физики англичанъ, отвѣтитъ ему на это, что въ ней и нѣтъ ничего аналогичнаго теоріи, которую онъ ищетъ, а есть только алгебраическія формулы, поддающіяся различнымъ комбинаціямъ и преобразованіямъ. «На вопросъ, что такое теорія Максвелля, говоритъ Г. Герцъ[1]), я не сумѣлъ бы дать болѣе краткаго и опредѣленнаго отвѣта, чѣмъ слѣдующій: теорія Максвелля есть система уравненій Максвелля».

§ VII.—Англійская школа и логическое построеніе теоріи.

Созданныя великими математиками континента—будь то французы или нѣмцы, голландцы или швейцарцы—теоріи могутъ быть раздѣлены на двѣ большія категоріи: на теоріи объяснительныя и

[1]) H. Herz: Untersuchungen über die Ausbreitung der electrischen Kraft, Einleitende Uebersicht, стр. 23, Leipzig, 1892.

чисто описательныя. Но обѣ эти категоріи обнаруживаютъ одну общую характерную черту: онѣ претендуютъ быть системами, построенными по правиламъ строгой логики. Какъ созданія разума, не пугающагося ни глубокихъ абстракцій, ни длинныхъ дедукцій, но добивающагося прежде всего порядка и ясности, въ теоріяхъ этихъ чувствуется одно стремленіе—чтобы рядъ положеній ихъ отъ перваго до послѣдняго, отъ основныхъ гипотезъ и до вытекающихъ изъ нихъ послѣдствій, подлежащихъ сравненію съ фактами опыта, характеризовался совершенно безупречнымъ методомъ.

Изъ этого метода развились тѣ великолѣпныя системы природы, которыя утверждаютъ, что онѣ придали физикѣ совершенную форму эвклидовой геометріи. Взявъ въ качествѣ основы опредѣленное число весьма ясныхъ постулатовъ, онѣ пытаются создать строго правильную *конструкцію*, въ которой каждый экспериментально установленный законъ занимаетъ свое точно ему принадлежащее мѣсто. Таковъ былъ постоянный идеалъ абстрактныхъ умовъ и въ частности французскаго генія, отъ «Принциповъ Философіи» Декарта вплоть до того дня, когда Лапласъ и Пуассонъ построили на основѣ своей гипотезы притяженія свое обширное зданіе «физической механики». Въ стремленіи къ этому идеалу французскій геній создалъ памятники, простыя линіи и грандіозныя пропорціи которыхъ вызываютъ изумленіе и по сей день, когда, получая отовсюду потрясенія, они поколеблены до самыхъ своихъ основаній.

Это единство теоріи, эта логическая связь всѣхъ ея частей суть столь естественныя, столь логическія послѣдствія идеи, которую составляетъ себѣ сильный умъ о физической теоріи, что нарушеніе этого единства или разрывъ въ цѣпи есть нарушеніе принциповъ логики, приводитъ къ абсурду.

Но совсѣмъ не такъ обстоитъ дѣло для широкаго, но слабаго ума англійскаго физика.

Теорія для него—не объясненіе и не раціональная классификація физическихъ законовъ, а модель этихъ законовъ. Не для удовлетворенія требованій разума, а для воображенія она строится. Вслѣдствіе этого она свободна отъ велѣній логики. Англійскій физикъ можетъ построить одну модель, которая воспроизводила бы одну группу законовъ, и другую модель, совершенно отличную отъ первой, для другой группы законовъ, и онъ можетъ это сдѣлать даже въ томъ случаѣ, когда нѣкоторые изъ этихъ законовъ общи обѣимъ группамъ. Геометръ изъ школы Лапласа или Ампера счи-

такъ бы абсурдомъ давать одному и тому же закону два различныхъ теоретическихъ объясненія и утверждать, что правильны оба. Физикъ изъ школы Томсона или Максвелля не видитъ никакого противорѣчія, если одинъ и тотъ же законъ фигурируетъ въ въ двухъ различныхъ моделяхъ. Болѣе того, усложненіе, введенное такъ въ науку, ничуть не смущаетъ англичанина, а скорѣе представляетъ даже для него прелесть разнообразія: воображеніе его, гораздо болѣе сильное, чѣмъ наше, не знаетъ нашей потребности въ порядкѣ и простотѣ; оно легко разбирается тамъ, гдѣ наше воображеніе спутывается.

Отсюда эта неравномѣрность, это отсутствіе связи, эти противорѣчія въ англійскихъ теоріяхъ, которыя мы судимъ слишкомъ строго, потому что мы ищемъ строго раціональную систему тамъ, гдѣ авторъ хотѣлъ намъ дать лишь плодъ своего воображенія.

Возьмемъ, напримѣръ, рядъ лекцій [1]) У. Томсона о молекулярной динамикѣ и волнообразной теоріи свѣта. Перелистывая книгу и прочитывая примѣчанія къ ней, читатель—французъ надѣется найти въ ней собраніе ясно формулированныхъ гипотезъ о строеніи эфира и вѣсомой матеріи, рядъ методически выведенныхъ изъ этихъ гипотезъ вычисленій, точное соотвѣтствіе между выводами изъ этихъ вычисленій и фактами опыта. Велико будетъ его разочарованіе, но не долговременно его заблужденіе! У. Томсонъ вовсе не желалъ построить такой строго логической теоріи; онъ желалъ только [2]) разсмотрѣть различные классы экспериментально установленныхъ законовъ и для каждаго изъ этихъ классовъ построить механическую модель. Построивъ столько различныхъ моделей, сколько есть различныхъ категорій явленій, онъ хотѣлъ изобразить роль въ этихъ явленіяхъ матеріальной молекулы.

Нужно ли изобразить свойства упругости въ кристаллическомъ тѣлѣ [3])? Матеріальная молекула изображается въ видѣ восьми массивныхъ шаровъ, помѣщенныхъ на углахъ параллелепипеда и связан-

---

[1]) W. Thomson: Notes of lectures on molecular Dynamics and the Wawe Theory of Light, Baltimore, 1884. Можно также пользоваться слѣдующимъ сочиненіемъ: Sir W. Thomson (lord Kelvin): *Conférences scientifiques et allocutions* (Переводъ и примѣчанія ко II изд. P. Lugol'a); та же книга съ извлеченіями изъ новѣйшихъ сочиненій У. Томсона и нѣкоторыми примѣчаніями издана въ переводѣ M. Brillouin'a подъ заглавіемъ: Constitution de la Matière, Paris, Gauthier—Villars, 1893.

[2]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 132.

[3]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 127.

ныхъ между собой болѣе или менѣе большимъ числомъ упругихъ нитей.

Нужно сдѣлать доступной для воображенія теорію разсѣянія свѣта? Матеріальная молекула представляется [1]) тогда состоящей изъ извѣстнаго числа шарообразныхъ, твердыхъ, концентрическихъ оболочекъ, удерживаемыхъ упругими нитями въ сходномъ положеніи. Куча такихъ маленькихъ механизмовъ разсѣяна въ эфирѣ. Послѣдній [2]) есть однородное, несжимаемое тѣло, для очень быстрыхъ колебаній твердое, а для дѣйствій большей продолжительности совершенно мягкое. Онъ похожъ на студень или глицеринъ [3]).

Угодно вамъ модель, которая могла бы изобразить круговую поляризацію? Матеріальныя молекулы, которыя мы разсѣяли тысячами въ нашемъ «студнѣ», не будутъ уже построены по тому плану, который мы описали выше. Это будутъ уже [4]) маленькія, твердыя оболочки, въ каждой изъ которыхъ вращается съ большой скоростью около укрѣпленной въ этой оболочкѣ оси гиростатъ.

Но это слишкомъ грубое еще устройство, «грубая гиростатическая молекула» [5]). Вскорѣ его замѣняетъ болѣе совершенный механизмъ [6]). Твердая оболочка получаетъ вмѣсто одного гиростата два, вращающихся въ противоположныхъ направленіяхъ, шаровидные шарниры соединяютъ ихъ между собой и съ внутренними стѣнками оболочки, оставляя извѣстное мѣсто ихъ осямъ вращенія.

Среди всѣхъ этихъ различныхъ моделей, приведенныхъ въ «Лекціяхъ по молекурной динамикѣ» трудно было бы выбрать ту, которая лучше всего изображаетъ строеніе матеріальной молекулы. Но еще гораздо труднѣе былъ бы выборъ, если бы мы захотѣли принять во вниманіе и всѣ другія еще модели, придуманныя У. Томсономъ и описанныя въ различныхъ другихъ его сочиненіяхъ.

Въ одномъ мѣстѣ [7]) передъ нами жидкость однородная, несжимаемая, невязкая, наполняющая все пространство. Извѣстныя

---

[1]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 10, 105, 118.

[2]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 9.

[3]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 118.

[4]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 242, 290.

[5]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 327.

[6]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 320.

[7]) W. Thomson: On Vortex Atoms (Edimburgh, Philosophical Society Proceedings, 18 février 1867).

части этой жидкости совершаютъ непрерывныя вихревыя движенія, и эти части и представляютъ матеріальные атомы.

Въ другомъ мѣстѣ [1]) несжимаемая жидкость, представленная рядомъ твердыхъ шаровъ, связанныхъ между собой особымъ образомъ устроенными шарнирами.

Въ третьемъ мѣстѣ [2]) онъ ссылается на кинетическія теоріи Максвелля и Тэта, чтобы наглядно изобразить свойства твердыхъ тѣлъ, жидкостей и газовъ. Можетъ быть, легче будетъ намъ опредѣлить свойства, которыя приписываетъ У. Томсонъ эфиру?

Когда У. Томсонъ развилъ свою теорію вихревыхъ атомовъ, эфиръ былъ частью этой однородной несжимаемой жидкости, лишенной всякой вязкости и наполняющей все пространство; онъ составлялъ часть этой жидкости, свободную отъ всякаго вихревого движенія. Но для того, чтобы представить тяготѣніе другъ къ другу матеріальныхъ молекулъ, великій физикъ скоро долженъ былъ принять свойства эфира болѣе сложныя [3]). Возродивъ гипотезу Fatio de Duilliers'а и де Лесажа, онъ бросилъ въ однородную жидкость кучу маленькихъ твердыхъ тѣлецъ, обладающихъ чрезвычайной скоростью по всѣмъ направленіямъ.

Въ другомъ сочиненіи [4]) эфиръ превращается опять въ однородное несжимаемое тѣло, но на этотъ разъ это тѣло похоже на очень вязкую жидкость, на студень. Но и эта аналогія въ свою очередь скоро оставляется. Чтобы изобразить свойства эфира, У. Томсонъ [5]) обращается къ формуламъ, которыми мы обязаны Mac Gullagh'у [6]) и для того, чтобы сдѣлать ихъ доступными для воображенія, онъ создаетъ для нихъ механическую модель [7]): двѣ

---

[1]) W. Thomson: Comptes rendus de l'Académie des sciences, 16 septembre 1889. Scientific Papers vol. III, стр. 466.

[2]) W. Thomson: Molecular constitution of Matter, § 29—44 (Proceedings of the Royal Society of Edimburgh, 1-er et 15 juillet 1889;—Scientific Papers, vol. III, p. 404); Lectures on molecular Dynamics, стр. 280.

[3]) W. Thomson: On the ultramondane Corpuscles of Lesage (Philosophical Magazine, vol XLV, стр. 321, 1873).

[4]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, стр. 9, 118.

[5]) W. Thomson: Equilibrium or motion of an ideal Substance called for brevity Ether (Scientific Papers, vol III, стр. 445).

[6]) Mac Gullagh: An essay towards a dynamical theory of crystalline reflexion and refraction (Transactions Royal Irish Academy, vol XXI, 9 décembre 1839;—The collected works of Iames Mac Gullagh, стр. 145).

[7]) W. Thomson: On a gyrostatic adynamic constitution of the Ether (Edimburgh Royal society Proceedings, 17 mars 1890;—Scientific Papers, vol. III,

коробки изъ твердаго вещества, въ каждой изъ которыхъ находится гиростатъ, быстро вращающійся вокругъ оси, неподвижно соединенной съ внутренними стѣнками ихъ, соединены между собой нитями изъ сгибаемаго, но нерастяжимаго вещества.

Это далеко не полное перечисленіе различныхъ моделей, при помощи которыхъ У. Томсонъ пытается изобразить различныя свойства эфира и вѣсомыхъ молекулъ, даетъ намъ лишь слабое представленіе о томъ множествѣ образовъ, которое вызываютъ въ его умѣ слова: строеніе матеріи. Намъ пришлось бы прибавить сюда всѣ модели, созданныя другими физиками и имъ рекомендуемыя; намъ пришлось бы прибавить, напримѣръ, модель электрическихъ дѣйствій Максвелля [1]), всегда вызывавшую восхищеніе У. Томсона. Здѣсь эфиръ и всѣ тѣла, плохо проводящія электричество, имѣютъ строеніе на подобіе пчелиныхъ сотъ. Стѣнки построены вмѣсто воска изъ упругихъ тѣлъ, деформаціи которыхъ изображаютъ электростатическія дѣйствія. Вмѣсто меда мы находимъ здѣсь совершенную жидкость, совершающую очень быстрыя вихревыя движенія,—образъ магнитныхъ дѣйствій.

Это собраніе машинъ и механизмовъ приводитъ въ полное замѣшательство читателя-француза, который ищетъ систематическое изложеніе допущеній на счетъ строенія матеріи, гипотетическое объясненіе этого строенія. Но У. Томсонъ вовсе не намѣревается дать такое объясненіе. Болѣе того, самый языкъ его на каждомъ шагу предостерегаетъ читателя противъ такого истолкованія его мыслей. Механизмы, которые онъ приводитъ, суть «грубыя модели» [2]), «грубыя представленія» [3]); они «механически не натуральны» (unnatural mechanically) [4]); «механическое строеніе твердыхъ тѣлъ, предположенное въ этихъ замѣчаніяхъ и наглядно воспроизведенное въ нашей модели, не слѣдуетъ разсматривать, какъ строеніе, дѣйствительно существующее въ природѣ» [5]); «врядъ ли нужно замѣтить, что эфиръ, который мы себѣ вообразили, есть вещество

стр. 466);—Ether, Electricity and Ponderable Matter (Scientific Papers, vol. III, стр. 505).

[1]) I. Clerk Maxwell: On physical Lines of Force, III-e part.: The Theory of molecular Vortices applied to statical Electricity (Philosophical Magazine, janvier et février 1882;—Scientific Papers. vol. I, стр. 491).

[2]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, стр. 11, 105.

[3]) W. Thomson: op. cit., стр. 11.

[4]) W. Thomson: op. cit. стр. 105.

[5]) W. Thomson: op. cit. стр. 131.

только идеальное [1]). Временный характеръ всѣхъ этихъ моделей обнаруживается въ той полной непринужденности, съ которой авторъ отказывается отъ нихъ и снова къ нимъ возвращается, когда ему это нужно для объясненія того или другого явленія. «Прочь со всѣми нашими сферическими пустотами и ихъ твердыми концентрическими оболочками! Какъ вы помните, все это было только грубой механической иллюстраціей. Я дамъ вамъ другую механическую модель, правда, тоже очень далекую отъ истиннаго механизма явленій» [2]). Иногда—и это самое большее—онъ оставляетъ лишь надежду, что эти остроумно придуманныя модели указываютъ путь, который приведетъ, когда-нибудь въ далекомъ будущемъ, къ физическому объясненію матеріальнаго міра [3]).

Множество и разнообразіе моделей, приводимыхъ У. Томсономъ для представленія строенія матерій, не приводитъ читателя француза въ чрезмѣрное удивленіе: онъ, вѣдь, очень скоро замѣчаетъ, что великій физикъ вовсе и не претендуетъ дать объясненіе, пріемлемое для разума, а онъ хотѣлъ только создать объектъ воображенія. Но изумленіе его становится великимъ и продолжительнымъ, когда то же отсутствіе порядка и метода, то же равнодушіе къ логикѣ онъ находитъ не только въ собраніи механическихъ моделей, но и въ развитіи алгебраическихъ теорій. Да и какъ, въ самомъ дѣлѣ, понять возможность математическаго вывода нелогичнаго? И его невольно охватываетъ чувство изумленія, когда онъ читаетъ, напримѣръ, такое сочиненіе, какъ книга Максвелля объ электричествѣ.

«Когда французъ впервые открываетъ сочиненіе Максвелля,—пишетъ Пуанкарэ [4]) къ его чувству восхищенія примѣшивается какое-то чувство недовольства, часто даже недовѣрія...»

«Англійскій ученый не стремится построить цѣльное, стройное и окончательное зданіе. Скорѣе онъ хочетъ какъ будто дать рядъ предварительныхъ и несвязанныхъ между собой конструкцій, установленіе связи между которыми трудно, порой даже невозможно».

---

[1]) W. Thomson: Stientific Papers, vol. III, стр. 464.

[2]) W. Thomson: Lectures on molecular Dunamics, стр. 280.

[3]) W. Thomson: Scientific Papers, vol. III, стр. 510.

[4]) H. Poincaré: Electricitè et Optique. I. Les théories de Maxwell et la théorie électromagnétique de la lumière. Introduction, стр. VIII.—Кому интересно узнать, до чего доходитъ у Максвелля равнодушіе ко *всякой логикѣ и даже* ко всякой математической точности, тотъ можетъ найти множество примѣровъ тому въ книгѣ автора: P. Duhem, Les Théories électriques de I. Clerk Maxwell. Etude historique et critique, Paris, 1902.

«Возьмемъ, напримѣръ, главу, въ которой электростатическія притяженія объясняются давленіемъ и напряженіемъ, существующими въ діэлектрической средѣ. Эта глава могла бы быть выпущена, ничѣмъ не нарушая ясности и полноты остальной книги. Съ другой стороны, она сама представляетъ собой законченную теорію, которой не трудно понять, не прочитавъ ни одной строки, ни до, ни послѣ нея. Но она не только не находится ни въ какой связи съ остальной частью книги: прямо трудно, какъ мы это ниже покажемъ подробно, связать ее съ остальными идеями ея [1]). И Максвелль вовсе и не заботится объ установленіи такой связи, а ограничивается лишь слѣдующимъ замѣчаніемъ: «I have not been able to make the next step, namely, to account by mechanical considerations for these stress in the dielectric» [2]).

«Достаточно и этого примѣра, чтобы выразить мою мысль. Я могъ бы привести еще и много другихъ. Кому, напримѣръ, пришло бы въ голову при чтеніи тѣхъ мѣстъ, въ которыхъ идетъ рѣчь о магнитной вращательной поляризаціи, что между явленіями оптическими и магнитными существуетъ полное тождество»?

Какъ бы она ни натягивала на себя математическую одежду, книга Максвелля объ электричествѣ и магнетизмѣ, еще меньше, чѣмъ книга У. Томсона «Л е к ц і и п о м о л е к у л я р н о й д и н а м и к ѣ» есть система логическая. Подобно ей, она состоитъ изъ ряда моделей, изъ которыхъ каждая изображаетъ группу законовъ, безъ всякой связи съ другими моделями, служащими для изображенія другихъ законовъ, частью или даже вполнѣ тѣхъ же самыхъ. Разница только та, что эти модели состоятъ не изъ гиростатовъ, не изъ упругихъ нитей, не изъ глицерина, а изъ ряда алгебраическихъ знаковъ. Всѣ эти различныя частичныя теоріи,

---

[1]) Въ дѣйствительности эта теорія Максвелля есть результатъ полнаго непониманія законовъ упругости. Мы доказали это непониманіе съ полной очевидностью и развили точную теорію, которая должна замѣнить ошибочную теорію Максвелля (a); выраженіе, по ошибкѣ пропущенное въ нашихъ вычисленіяхъ, было замѣчено Liénard'омъ (b), результаты котораго мы подтвердили прямымъ анализомъ (c).

a) P. Duhem: Leçons sur l'Electricité et le Magnétisme, t. II, l. XII, Paris. 1892.

b) Liénard: la lumière électrique, t. LII, стр. 7, 67. 1894.

c) P. Duhem: American Journal of Mathematics, vol. XVII, стр. 117, 1895

[2]) «Я не былъ въ состояніи сдѣлать второй шагъ—вывести это состояніе напряженія діэлектрика изъ соображеній механическихъ». (Maxwell: A Treatise on Electricity and Magnetisin. Vol. 1. стр. 132, 1873).

каждая изъ которыхъ развивается отдѣльно, внѣ всякой связи съ предыдущими, часто вторгающіяся въ области, изслѣдованныя уже въ другихъ теоріяхъ, обращаются не столько къ нашему разуму, сколько къ нашему воображенію. Это—картины, авторъ которыхъ совершенно свободно выбиралъ объекты, подлежащіе изображенію, какъ и порядокъ ихъ группировки. Что за важность, если то или другое изъ изображаемыхъ лицъ фигурировало уже въ другой позѣ въ другой картинѣ? Плохой пріемъ встрѣтилъ бы логикъ, если бы онъ отнесся къ этому неодобрительно. Картинная галлерея не есть цѣпь строго логическихъ умозаключеній.

§ VIII.—Распространеніе англійскихъ методовъ.

Англійскій умъ вполнѣ точно характеризуется большой способностью представлять себѣ конкретныя группировки и слабой способностью къ абстракціи и обобщенію. Этотъ своеобразный характеръ ума порождаетъ и своеобразную форму физической теоріи. Законы извѣстной группы вовсе не связаны во едино, въ одну логическую систему, а они изображаются въ модели. Моделью этой можетъ быть или механизмъ, построенный изъ конкретныхъ тѣлъ, или рядъ алгебраическихъ знаковъ. Какъ бы тамъ ни было, во всякомъ случаѣ англійская теорія вовсе не считается съ правилами порядка и единства, диктуемыми логикой.

Въ теченіе долгаго времени особенности эти формально служили фабричной маркой созданныхъ въ Англіи физическихъ теорій. На континентѣ этими теоріями не пользовались. Съ нѣкотораго времени все это стало иначе. Англійская манера изученія физики съ чрезвычайной быстротой распространилась повсюду. Въ настоящее время она—дѣло обычное и во Франціи и въ Германіи. Разсмотримъ же причины этого дальнѣйшаго распространенія ея.

Прежде всего не слѣдуетъ забывать, что эти качества ума, охарактеризованныя Паскалемъ, какъ умъ широкій, но слабый, правда, весьма распространены у англичанъ, но тѣмъ не менѣе вовсе не являются атрибутомъ всѣхъ англичанъ, ни свойствами только ихъ однихъ.

Въ способности вполнѣ выяснить себѣ абстрактныя идеи, съ чрезвычайной точностью опредѣлить самые общіе принципы, въ умѣніи съ безупречной правильностью произвести рядъ экспериментовъ или дедуктивно развить рядъ идей, Ньютонъ ничуть не уступалъ Декарту, ни кому бы то ни было изъ другихъ великихъ класси-

ческихъ мыслителей; у него былъ умъ величайшей силы, какую только знаетъ человѣчество.

Какъ мы у англичанъ можемъ найти умы сильные и строго логическіе—доказательствомъ служитъ Ньютонъ—такъ можно за предѣлами Англіи найти умы широкіе, но слабые.

Такой умъ былъ у Гассенди. Противоположность между характерами ума, столь ясно опредѣленная Паскалемъ, съ чрезвычайной живостью выступаетъ въ знаменитомъ спорѣ [1]) между Гассенди и Декартомъ. Съ какой горячностью Гассенди настаиваетъ [2]) на томъ, что «умъ ничѣмъ не отличается въ дѣйствительности отъ способности воображенія»! Съ какой силой онъ утверждаетъ, что «вообразить и понять—одно и то же», что «у насъ одна только способность, которой мы познаемъ всѣ вообще вещи»! Съ какимъ высокомѣріемъ Декартъ [3]) отвѣчаетъ Гассенди: «То, что я сказалъ о воображеніи, достаточно ясно для того, кто хочетъ понимать, но нѣтъ ничего удивительнаго, если это кажется неяснымъ тѣмъ, которые никогда не размышляютъ и не передумываютъ того, о чемъ они думаютъ!» Оба противника поняли, повидимому, что ихъ споръ имѣетъ нѣкоторую особую черту, чѣмъ большая часть столь частыхъ споровъ между философами, что это не споръ между двумя людьми, ни даже между двумя доктринами, а состязаніе между двумя типами ума, между умомъ широкимъ но слабымъ, и умомъ сильнымъ, но узкимъ. O anima! O mens! восклицаетъ Гассенди, обращаясь къ поборнику абстракціи. O caro! отвѣчаетъ Декартъ, высокомѣрнымъ презрѣніемъ уничтожая даръ представленія, копающійся въ конкретныхъ вещахъ.

Отсюда понятно предпочтеніе, отдаваемое Гассенди космологіи эпикурейской. Несмотря на чрезвычайно малую свою величину, атомы, которые онъ себѣ представляетъ, очень похожи на тѣла, которыя онъ можетъ ежедневно видѣть и осязать. Этотъ конкретный, доступный представленію характеръ физики Гассенди выступаетъ съ полной ясностью въ слѣдующемъ мѣстѣ его сочиненія [4]), гдѣ философъ со свойственной именно ему манерой объясняетъ симпатіи и антипатіи школы: «Необходимо понять, что дѣйствія эти совершаются такимъ же образомъ, какъ дѣйствія между тѣлами, болѣе

[1]) P. Gassendi: Disquisitio metaphysica, seu dubitationes et instantiae adversus renati Cartesii Metaphysicam, et responsa.

[2]) P. Gassendi: Dubitationes in Meditationem II-am.

[3]) Cartesii: Reponsum ad Dubitationem V in Meditationem II-am.

[4]) Gassendi: Syntagma Philosophicum, II pars, l. VI, c. XIV.

легко поддающіяся нашему воспріятію. Вся разница заключается въ томъ, что въ послѣднемъ случаѣ механизмы грубы, а въ первомъ очень тонки. Вездѣ, гдѣ нашъ обычный взглядъ констатируетъ притяженіе и соединеніе, мы находимъ крючки, нити, что-нибудь такое, что придерживаетъ и что-нибудь, что придерживается; вездѣ, гдѣ глазъ констатируетъ отталкиваніе и отдѣленіе, мы находимъ иглы, пики, взрывчатое вещество и т. д И для того, чтобы объяснить себѣ дѣйствія, не поддающіяся воспріятію обыкновенныхъ нашихъ чувствъ, мы должны представлять себѣ маленькіе крючки, маленькія нити, маленькія иглы, маленькія пики и другіе органы подобнаго же рода; эти органы мы не можемъ ни чувствовать, ни осязать, но отсюда далеко еще не слѣдуетъ, что они не существуютъ».

Во всѣ періоды научнаго развитія можно найти среди французовъ физиковъ, духовно родственныхъ Гассенди и желающихъ, подобно ему, создать объясненія, доступныя для воображенія. Эта потребность у нѣкоторыхъ мыслителей представлять себѣ вещи, о которыхъ они размышляютъ, съ наиболѣе полной ясностью выражена у I. Boussinesq'a, одного изъ остроумнѣйшихъ и плодотворнѣйшихъ теоретиковъ, имена которыхъ служатъ украшеніемъ нашей эпохи. «Наблюдая явленія природы, говоритъ Boussinesq [1]), умъ человѣческій рядомъ со многими элементами, не находящимися между собой, какъ будто, ни въ какой связи, которыхъ онъ выяснить себѣ не можетъ, усматриваетъ одинъ ясный элементъ, благодаря своей опредѣленности, способный стать объектомъ истинно научнаго изслѣдованія. Это—элементъ геометрическій. Связанный съ локализаціей вещей въ пространствѣ, онъ даетъ намъ возможность представлять себѣ ихъ, обозначать или болѣе или менѣе идеальнымъ образомъ построить ихъ. Онъ состоитъ изъ размѣровъ или формъ тѣлъ или системъ тѣлъ, однимъ словомъ изъ того, что можетъ быть названо к о н ф и г у р а ц і е й тѣлъ въ данный моментъ. Эти формы, эти конфигураціи, измѣримыя части которыхъ суть разстоянія или углы, то въ теченіе извѣстнаго времени остаются неизмѣнными или почти неизмѣнными, остаются какъ будто въ однихъ и тѣхъ же мѣстахъ пространства, образуя то, что называется п о к о е м ъ, то непрестанно и непрерывно измѣняются, и эти перемѣны мѣста называются движеніемъ».

---

[1]) J. Boussinesq: Leçons synthétiques de Mécanique générale, стр. 1 Paris, 1889.

Эти различныя конфигураціи тѣлъ, ихъ измѣненія отъ одного момента къ другому, суть единственные элементы, которые можетъ отмѣтить геометръ. Онѣ же—единственные элементы, которые можетъ ясно представить умъ, одаренный воображеніемъ, а потому, по его мнѣнію, единственные элементы, способные стать объектами науки. Мы тогда только получимъ правильную физическую теорію, когда изученіе группъ законовъ будетъ сведено къ описанію такихъ фигуръ и такихъ движеній. «До настоящаго времени развитіе науки, если разсматривать ея части готовыя или способныя стать ими, отъ Аристотеля до Декарта и Ньютона шло отъ идей качествъ или измѣненій состоянія, не поддающихся изображенію, къ идеѣ формъ или движеній, поддающихся изображенію или видимыхъ [1]).

Не менѣе горячо, чѣмъ Гассенди, М. Boussinesq не желаетъ, чтобы теоретическая физика была дѣломъ разума, изъ котораго воображеніе изгнано. Онъ выражаетъ свои мысли по этому вопросу въ формулахъ, ясность которыхъ напоминаетъ извѣстныя изрѣченія лорда Кельвина.

Во избѣжаніе ложныхъ толкованій, слѣдуетъ, однако, упомянуть, что Boussinesq вовсе не слѣдуетъ до конца за великимъ англійскимъ физикомъ. Онъ желаетъ, правда, чтобы конструкціи теоретической физики были доступны воображенію во всѣхъ своихъ частяхъ, но онъ вовсе не намѣревается при созиданіи плана въ своихъ конструкціяхъ отказаться отъ помощи логики. Онъ вовсе не согласенъ— да и Гассенди былъ бы не согласенъ—съ тѣми, которые хотѣли бы лишить эти конструкція всякаго порядка и единства, которые хотятъ, чтобы физика представляла собой лишь лабиринтъ зданій, независимыхъ и между собой совершенно не связанныхъ.

Никогда физики французскіе или нѣмецкіе не желали свести физическую теорію къ одному собранію моделей. Мнѣніе это никогда не зарождалось само въ нѣдрахъ науки континентальной, а оно дѣло англійскаго импорта.

Мы обязаны этимъ главнымъ образомъ значеніемъ, которое получила книга Масквелля; коментаторы и послѣдователи этого великаго физика ввели его теорію въ науку. Нашла она распространеніе съ самаго начала въ той своей формѣ, которая казалась наиболѣе спутанной. Не успѣли еще французскіе и нѣмецкіе физики начать примѣненіе механическихъ моделей, какъ многіе изъ нихъ

[1]) J. Boussinesq: Théorie analytique de la Chaleur, t. 1, стр. XV, 1901.

привыкли уже трактовать математическую физику, какъ собраніе алгебраическихъ моделей.

Среди ученыхъ, благодаря работамъ которыхъ установилась такая трактовка математической физики, первое мѣсто занимаетъ знаменитый Генрихъ Герцъ. Такъ, онъ заявляетъ, напримѣръ, слѣдующее: «Теорія Максвелля есть уравненія Максвелля». Въ согласіи съ этимъ принципомъ и до формулировки даже Герцъ развилъ свою теорію электродинамики [1]). Основу ея составляютъ уравненія Максвелля. Уравненія эти принимаются такими, какія они есть, безъ всякаго обсужденія ихъ, безъ провѣрки опредѣленій и гипотезъ, изъ которыхъ они выведены. Они обсуждаются такими, какія они есть, и полученные изъ нихъ выводы вовсе не подвергаются контролю опыта.

Такое отношеніе было бы понятно со стороны автора алгебраическаго сочиненія, дѣло изученія котораго—уравненія, выведенныя изъ принциповъ, принятыхъ всѣми физиками и вполнѣ подтвержденныхъ на опытѣ. Было бы не удивительно, если бы такой ученый обходилъ совершенно молчаніемъ самый способъ установленія и экспериментальной провѣрки уравненій, не вызывающихъ ни у кого ни малѣйшихъ сомнѣній. Этого далеко нельзя сказать объ уравненіяхъ электродинамики, изучаемыхъ Герцемъ. Разсужденія и вычисленія, которыми многократно силится подтвердить ихъ Максвелль, кишатъ противорѣчіями, темными мѣстами и очевидными ошибками. Что же касается до подтвержденія, которое могъ бы дать опытъ, то оно можетъ быть только частичнымъ и ограниченнымъ. И дѣйствительно, прямо бросается въ глаза, что одно простое существованіе куска намагниченной стали совершенно несовмѣстимо съ такой электродинамикой. И это колоссальное противорѣчіе тоже ускользнуло отъ анализа Герца [2]).

Можетъ быть, кто-нибудь подумаетъ, что допущеніе столь спорной теоріи было необходимо потому, что не было никакого другого ученія съ болѣе логичной основой и болѣе согласующагося съ фактами. Но и этого нѣтъ. Гельмгольцъ создалъ электродина-

---

[1]) H. Hertz: Ueber die Grundgleichungen der Electrodynamik für ruhende Körper, (Göttinger Nachrichten, 19 mars 1890.—Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie, Bd. XL, стр. 577.—Gesammelte Werke von H. Hertz: Bd. II: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, 2-e Auflage, стр. 208).

[2]) H. Hertz: Untersuchungen über Ausbreitung der elektrischen Kraft, 2-e Auflage, стр. 240.

мическую теорію, вполнѣ логически развивающуюся изъ прекраснѣйшимъ образомъ обоснованныхъ принциповъ ученія объ электричествѣ. Уравненія этой теоріи сформированы безъ тѣхъ ложныхъ заключеній, которыми столь богато сочиненіе Максвелля, всѣ факты, принятые во вниманіе въ уравненіяхъ Герца и Максвелля, здѣсь находятъ объясненіе, стоящее въ полномъ согласіи съ дѣйствительностью, чего далеко нельзя сказать о теоріи Максвелля. Разумъ требуетъ, чтобы была предпочтена теорія Гельмгольца — въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Другое дѣло воображеніе: оно предпочитаетъ играть элегантной алгебрической моделью, созданной Герцемъ и — около того же времени — Heaviside'омъ и Кономъ. Пользованіе этой моделью нашло очень быстрое распространеніе среди мыслителей, слишкомъ слабыхъ для того, чтобы не пугаться длинныхъ выводовъ. И вотъ мы видимъ, какъ все болѣе и болѣе растетъ число сочиненій, въ которыхъ уравненія Максвеля принимаются безъ всякаго обсужденія, подобно догмату — плоду откровенія, темныя мѣста котораго вызываютъ какое-то благоговѣніе, какъ священныя мистеріи.

Перейдемъ къ сочиненіямъ Пуанкарэ. Здѣсь мы находимъ еще болѣе формальное, чѣмъ въ сочиненіяхъ Герца, провозглашеніе права математической физики сбросить ярмо слишкомъ строгой логики и порвать связь, соединяющую эти двѣ различныя области знанія. «Вовсе не слѣдуетъ, говоритъ онъ [1]), заботиться объ устраненіи всѣхъ противорѣчій, а необходимо принять одну какую-нибудь сторону. Изъ двухъ противорѣчивыхъ теорій каждая сама по себѣ можетъ служить полезнымъ вспомогательнымъ средствомъ для изслѣдованій, если только не смѣшивать ихъ и не искать въ нихъ сущности вещей. Чтеніе сочиненій Максвелля было бы, можетъ быть, гораздо менѣе внимательно, если бы мы не находили въ нихъ такое множество точекъ зрѣній и новыхъ, и разнородныхъ».

Эти слова, открывшія во Франціи свободный путь методамъ англійской физики, идеямъ, имѣвшимъ столь блестящаго защитника въ лицѣ лорда Кельвина, не остались безъ отклика. Было не мало причинъ, обезпечившихъ имъ откликъ сильный и продолжительный.

Я не стану говорить здѣсь ни о высокомъ авторитетѣ автора этихъ паролей, ни о значеніи тѣхъ открытій, по поводу которыхъ

---

[1]) H. Poincaré: Électricité et Optique. 1. Les théories de Maxwell et la théorie électromagnétique de la lumière. Introduction, стр. IX.

они были произнесены. Причины, которыя я хочу отмѣтить, менѣе законны и все же оказали не менѣе сильное вліяніе.

Среди этихъ причинъ слѣдуетъ поставить на первомъ мѣстѣ вкусъ къ экзотическому, желаніе подражать чужеземному, потребность одѣвать свой духъ, какъ свое тѣло, по англійской модѣ. Сколько есть среди людей, объявляющихъ физику Максвелля и Томсона лучше физики, считавшейся до тѣхъ поръ классической въ нашей странѣ, такихъ, единственный мотивъ у которыхъ при этомъ одинъ: она—англійская!

Къ тому же шумное восхищеніе методомъ англійскимъ является для многихъ средствомъ, чтобы заставить забыть, въ какой малой степени они сами овладѣли методомъ французскимъ, какъ трудно для нихъ усвоить абстрактную идею, слѣдить за строго логическимъ разсужденіемъ. Лишенные силы ума, они стараются заимствовать пріемы умовъ широкихъ, внушить мысль, что они владѣютъ широкимъ умомъ.

Этихъ причинъ было бы, однако, можетъ быть, недостаточно, чтобы создать англійской физикѣ тотъ почетъ, которымъ она пользуется въ настоящее время, если бы этому не содѣйствовали требованія промышленности.

Промышленникъ очень часто обладаетъ широкимъ умомъ. Необходимость комбинировать различные механизмы, вести дѣла, обходиться съ людьми, очень рано пріучаетъ его ясно и быстро разбираться въ сложныхъ сочетаніяхъ конкретныхъ вещей. Зато умъ у него почти всегда слабый. Повседневныя занятія его удерживаютъ его на отдаленномъ разстояніи отъ абстрактныхъ вещей и общихъ принциповъ. Способности, образующія силу ума, мало по малу въ немъ атрофируются, какъ это всегда бываетъ съ органами, которые не функціонируютъ. Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго, если англійская модель представляется ему формой физической теоріи, наиболѣе приспособленной къ его духовнымъ способностямъ.

Естественно, что онъ желаетъ, чтобы руководителямъ заводовъ и фабрикъ физика излагалась именно въ этой формѣ. Кромѣ того, будущій инженеръ желаетъ, чтобы преподаваніе продолжалось возможно меньше времени. Онъ спѣшитъ извлечь деньгу изъ своихъ познаній. Онъ не желаетъ тратить времени, потому что для него время—деньги. Но эта лихорадочная поспѣшность чужда физикѣ абстрактной, заботящейся прежде всего объ абсолютной солидности зданія, которое она строитъ. Она хочетъ, чтобы фундаментъ

зданія былъ прочень, какъ скала, и чтобы этого добиться, она копаетъ его возможно глубже. Отъ своихъ учениковъ она требуетъ ума, привыкшаго къ различнымъ упражненіямъ логики, пріобрѣвшаго гибкость въ гимнастикѣ математическихъ наукъ. Она не выпускаетъ для нихъ ни одного промежуточнаго звена, ни одного усложненія. Зачѣмъ же людямъ, цѣль которыхъ не истина, а польза, подчиняться этой строгой дисциплинѣ? Почему же имъ не предпочесть болѣе быстрые методы теорій, обращающихся не къ разуму, а къ воображенію? Вотъ почему тѣ, которые занимаются преподаваніемъ въ техническихъ школахъ, вынуждены одобрить методы англійскіе, обучать той физикѣ, которая даже въ формахъ математическихъ не видитъ ничего, кромѣ моделей.

Большинство изъ этихъ ученыхъ не оказываетъ даже никакого сопротивленія этой необходимости. Напротивъ того, они даже преувеличиваютъ то презрѣніе къ порядку, то пренебреженіе къ строгой логикѣ, которая столь характерна для физиковъ англійскихъ. Вводя въ свои лекціи или статьи ту или другую формулу, они никогда не задаются даже вопросомъ, точна ли она. Для нихъ *важно только одно: удобна ли она и даетъ ли она что-нибудь воображенію.* Люди, свободные отъ тяжелой обязанности внимательно читать подобныя сочиненія, врядъ ли повѣрятъ, до чего доходитъ это презрѣніе ко всякому раціональному методу, ко всякой точной дедукціи во многихъ сочиненіяхъ, посвященныхъ примѣненіямъ физики. Ложныя умозаключенія—самыя чудовищныя, вычисленія—самыя неправильныя вы здѣсь найдете въ самомъ яркомъ свѣтѣ. Подъ вліяніемъ преподаванія въ техническихъ школахъ теоретическая физика превратилась въ постоянный вызовъ строго логическому мышленію.

Зло коснулось не только книгъ и лекцій, предназначенныхъ для будущихъ инженеровъ. Оно проникало повсюду, нашло широкое распространеніе, вслѣдствіе пренебреженія и предубѣжденій толпы, смѣшивающей науку съ промышленностью, принимающей пронесшійся съ шумомъ, поднимая пыль и распространяя зловоніе, автомобиль за тріумфальную колесницу человѣческаго мышленія. Высшее преподаваніе заражено уже утилитаризмомъ, и преподаваніе въ среднихъ школахъ есть уже добыча эпидеміи. Именемъ этого утилитаризма отвергаются методы, служившіе до сихъ поръ для изложенія наукъ физическихъ. Отвергаются теоріи абстрактныя и дедуктивныя и дѣлаются попытки открыть передъ учащимися точки зрѣнія индуктивныя и конкретныя. Стараются

внести въ молодыя головы не идеи и принципы, а числа и факты.

Мы не станемъ долго останавливаться на критикѣ этихъ малоцѣнныхъ и маловажныхъ теорій различныхъ формъ, аппелирующихъ къ воображенію.

Что же касается до людей *плоскихъ и вульгарныхъ*, то имъ мы только замѣтимъ, что если легко перенимать недостатки другого народа, то зато тѣмъ труднѣе усваивать наслѣдственныя качества, которыя его характеризуютъ. Они могутъ отказываться отъ силы французскаго ума, но не отъ его узкости; имъ не трудно конкуррировать съ англійскимъ умомъ, когда дѣло идетъ о слабости ума, но не тогда, когда дѣло идетъ о широтѣ ума. Такъ они сами себя осуждаютъ быть умами слабыми и узкими, т. е. умами ложными.

Промышленникамъ же, не заботящимся о *правильности* формулы, покуда она только удобна, мы напомнимъ, что простое, но неправильное уравненіе рано или поздно приводитъ — и въ этомъ и заключается неожиданное возмездіе логики—къ крушенію предпріятія, къ прорыву плотины, къ провалу моста. Неправильное уравненіе означаетъ финансовый крахъ, если не гибель человѣческихъ существованій.

Наконецъ, утилитаристамъ, надѣющимся воспитать практическихъ людей, обучая своихъ учениковъ лишь конкретнымъ вещамъ, мы скажемъ, что ученики ихъ будутъ, въ лучшемъ случаѣ, ремесленниками, работающими по рутинѣ, механически примѣняющими непонятныя имъ правила. Только абстрактные и общіе принципы могутъ направить мысль человѣка въ неизвѣданныя области и внушить ему рѣшеніе неожиданныхъ затрудненій.

§ IX.—Полезно-ли для открытій примѣненіе механическихъ моделей?

Чтобы дать правильную оцѣнку физической теоріи, аппеллирующей къ нашему воображенію, мы возьмемъ ее не въ той формѣ, въ какой ее показываютъ намъ люди, которые желаютъ пользоваться ею, не обладая широтой ума, необходимой для правильнаго пользованія ею. Разсмотримъ ее такъ, какъ ее разсматривали люди, мощная сила воображенія которыхъ создала ее, и въ частности великіе физики Англіи.

Въ отношеніи метода физики, которымъ пользуются англичане, существуетъ въ настоящее время слѣдующее банальное мнѣніе: старыя теоріи подавляетъ чрезмѣрная забота о логическомъ единствѣ, замѣна строго логическихъ стройныхъ дедукцій, бывшихъ въ употребленіи раньше, независимыми другъ отъ друга моделями обезпечиваетъ за изслѣдованіями физика гибкость и свободу, приносящія очень хорошіе плоды при открытіяхъ.

На нашъ взглядъ, мнѣніе это въ значительной своей части основано на иллюзіи.

Слишкомъ часто люди, придерживающіеся этого мнѣнія, приписываютъ употребленію моделей открытія, сдѣланныя совершенно другимъ путемъ.

Очень часто модель строится послѣ того, какъ теорія уже сформирована и строится она самимъ авторомъ этой теоріи или какимъ либо другимъ физикомъ. Затѣмъ модель мало по малу вытѣсняетъ изъ памяти абстрактную теорію, которая была создана раньше ея и безъ которой она и не могла бы быть придумана. Послѣ этого модель выступаетъ, какъ инструментъ открытія, хотя въ дѣйствительности она была только изобразительнымъ средствомъ. Читатель, не предупрежденный объ этомъ и лишенный времени для историческихъ изысканій и изученія источниковъ, можетъ быть введенъ въ заблужденіе этимъ обманомъ.

Возьмемъ, напримѣръ, «Rapport», въ которомъ Эмиль Пикаръ широкими, но скупыми мазками рисуетъ состояніе наукъ въ 1900 году [1]). Прочтемъ мѣста, посвященныя весьма важнымъ въ настоящее время теоріямъ физики: теоріи непрерывности жидкаго и газообразнаго состоянія и теоріи осмотическаго давленія. Можетъ показаться, что участіе механическихъ моделей, образныхъ гипотезъ касательно молекулъ, ихъ движеній и ударовъ было очень велико въ созданіи и развитіи этихъ теорій. Внушая намъ такое допущеніе, Пикаръ весьма точно отражаетъ лишь мнѣнія, которыя ежедневно раздаются въ аудиторіяхъ и лабораторіяхъ. Но мнѣнія эти лишены всякаго основанія. Въ созданіи и развитіи этихъ двухъ теорій пользованіе механическими моделями не сыграло почти никакой роли.

Идея непрерывности между жидкимъ и газообразнымъ состояніями возникла въ головѣ Андрью, какъ результатъ эксперименталь-

[1]) Exposition universelle de 1900 a Paris. Rapport du Jury international, Jntroduction générale. II-e partie; Sciences, par M. Emile Picard, Paris, 1901. стр. 53 и слѣд.

ной индукціи. Точно также индукція и обобщеніе привели Джемса Томсона къ пониманію теоретической изотермы. Изъ ученія, являющагося типичнымъ для абстрактныхъ теорій, именно изъ термодинамики, Gibbs вывелъ совершенно цѣльное изложеніе этой новой области физики, и таже термодинамика привела Максвелля къ существенной связи между изотермой теоретической и практической.

Въ то время, какъ абстрактная термодинамика обнаружила такимъ образомъ свою плодотворность, Van der Waals съ своей стороны приступилъ къ изученію непрерывности между жидкимъ и газообразнымъ состояніемъ, исходя изъ допущеній о природѣ и движеніи молекулъ. Вкладъ кинетическихъ гипотезъ въ это изученіе заключался въ уравненіи теоретической изотермы, однимъ изъ выводовъ изъ котораго былъ законъ соотвѣтствующихъ состояній. Но при сопоставленіи съ фактами нельзя было не узнать, что уравненіе изотермы слишкомъ просто, а законъ соотвѣственныхъ состояній слишкомъ грубъ, чтобы они могли сохраниться въ физикѣ, претендующей хотя бы на малѣйшую точность.

Не менѣе ясна исторія осмотическаго давленія. Здѣсь абстрактная термодинамика съ самаго же начала дала Gibbs'у основныя уравненія. Такимъ же образомъ термодинамика была единственной путеводной нитью Ванъ-Гоффа въ первыхъ его работахъ, а экспериментальная индукція дала Raoult'ю необходимые для развитія новаго ученія законы. Ученіе это уже выросло и было достаточно развито, когда механическія модели и кинетическія гипотезы явились къ нему со своей помощью, въ которой оно не нуждалось, съ которой оно не знало, что предпринять, и которая не принесла ему никакой пользы.

Итакъ, прежде чѣмъ приписывать созданіе какой нибудь теоріи механическимъ моделямъ, загромождающимъ ее въ настоящее время, необходимо сначала убѣдиться, дѣйствительно ли эти модели сыграли рѣшающую или, по крайней мѣрѣ, полезную роль при ея нарожденіи, не явились ли онѣ, подобно паразитирующему растенію, на деревѣ уже крѣпкомъ и полномъ жизни.

Далѣе, кто хочетъ правильно оцѣнить плодотворность примѣненія моделей, тотъ не долженъ смѣшивать этого употребленія съ примѣненіемъ аналогіи.

Физикъ, желающій объединить и классифицировать въ абстрактной теоріи законы извѣстной категоріи явленій, слишкомъ часто руководится аналогіей, которую онъ находитъ между этими явле-

ніями и явленіями другой категоріи. Если эти послѣднія явленія приведены уже въ систему и собраны въ удовлетворительной теоріи, то физикъ слишкомъ часто старается сгруппировать первыя явленія въ систему того же типа и той же формы.

Исторія физики учитъ насъ, что отыскиваніе аналогіи между двумя различными категоріями явленій было, можетъ быть, самымъ надежнымъ и плодотворнымъ методомъ при построеніи физическихъ теорій.

Такъ, аналогія, замѣченная Гюйгенсомъ между явленіями свѣтовыми и звуковыми, привела его къ понятію **свѣтовой волны** — понятію, которое онъ сумѣлъ столь чудесно использовать. Позже та же самая аналогія привела Мальбранша и затѣмъ Юнга къ выраженію монохроматическаго свѣта въ формулѣ, сходной съ формулой элементарнаго звука.

Сходство, замѣченное Омомъ между распространеніемъ теплоты и распространеніемъ электричества въ проводникахъ, позволило ему перенести въ область явленій электричества уравненія, созданныя Фурье для явленій теплоты.

Исторія теорій магнитизма и діэлектрической поляризаціи есть не что иное, какъ развитіе аналогій между магнитами и электрическими изоляторами, давно уже предвидѣнныхъ физиками. Благодаря этой аналогіи, каждая изъ обѣихъ теорій извлекла пользу изъ развитія второй.

Употребленіе физической аналогіи принимаетъ иногда еще болѣе опредѣленную форму.

Когда двѣ категоріи явленій весьма различныхъ, очень несходныхъ сведены къ теоріямъ абстрактнымъ, то можетъ случиться, чтобы уравненія, въ которыхъ формулирована одна изъ этихъ теорій, оказались алгебраически тождественными съ уравненіями второй теоріи. Такимъ образомъ, хотя теоріи эти съ точки зрѣнія природы законовъ, въ нихъ формулированныхъ, по существу своему разнородны, алгебра все же устанавливаетъ между ними точное соотвѣтствіе. Каждое положеніе одной изъ этихъ теорій имѣетъ своего гомолога въ другой. Каждая проблема, рѣшенная въ одной изъ нихъ, ставитъ и рѣшаетъ сходную проблему въ другой. Каждая изъ этихъ двухъ теорій можетъ, согласно термину, употребляемому англичанами, служить для **иллюстраціи** другой: «подъ физической аналогіей, говоритъ Максвелль, я понимаю это частичное сходство между законами одной науки и законами другой, благо-

даря которому одна изъ нихъ можетъ служить для иллюстраціи другой» [1]).

Приведемъ здѣсь одинъ изъ множества примѣровъ этой взаимной иллюстраціи двухъ теорій.

Понятіе теплаго тѣла и понятіе тѣла наэлектризованнаго суть два понятія, по существу своему разнородныя. Законы, опредѣляющіе стаціонарное распредѣленіе температуръ въ группѣ тѣлъ, являющихся хорошими проводниками теплоты, и законы, опредѣляющіе состояніе электрическаго равновѣсія въ группѣ тѣлъ, являющихся хорошими проводниками электричества, трактуютъ о физическихъ объектахъ совершенно различныхъ. Тѣмъ не менѣе обѣ теоріи, имѣющія своей задачей классификацію этихъ законовъ, находятъ свое выраженіе въ двухъ группахъ уравненій, между которыми съ точки зрѣнія алгебраической нѣтъ никакой разницы. На этомъ основаніи, рѣшая алгебраически проблему стаціонарнаго распредѣленія температуръ, мы одновременно съ этимъ рѣшаемъ и проблему электростатики и наоборотъ.

Такое сходство между двумя теоріями съ точки зрѣнія алгебраической, такая иллюстрація одной теоріи посредствомъ другой есть явленіе чрезвычайно цѣнное. Оно не только является существенымъ средствомъ экономіи мышленія, позволяя весь алгебраическій аппаратъ, созданный для одной теоріи, сразу примѣнить къ другой, но оно образуетъ и методъ, ведущій къ новымъ открытіямъ. Дѣйствительно, можетъ случиться и такъ, что бы въ одной изъ этихъ двухъ областей, которымъ соотвѣтствуетъ одинъ и тотъ же алгебраическій аппаратъ, экспериментальная интуиція совершенно естественно поставила проблему и внушила рѣшеніе ея, между тѣмъ какъ въ другой области физикъ не пришелъ бы такъ легко къ этой проблемѣ или къ ея рѣшенію.

Итакъ, эти различные способы аппелировать къ аналогіи между двумя группами физическихъ законовъ или между двумя различными теоріями плодотворны и чреваты открытіями. Но ихъ не слѣдуетъ смѣшивать съ примѣненіемъ моделей. Они заключаются въ сближеніи двухъ абстрактныхъ системъ, будь это, когда одна изъ нихъ, извѣстная уже, служитъ для отысканія формы другой, еще неизвѣстной, или когда обѣ уже сформулированы и взаимно разъясняютъ другъ друга. Здѣсь нѣтъ ничего, что могло бы привести въ изумленіе самаго строгаго логика, но тѣмъ болѣе здѣсь нѣтъ

[1]) J.—Clerk: Maxwell: Scientific Papers, vol. I, стр. 156.

ничего, что могло бы напомнить методы, предпочитаемые умами широкими, но слабыми, ничего, что апеллировало бы къ воображенію вмѣсто разума, ничего, что отказывалось бы отъ руководимаго логикой познанія абстрактныхъ понятій и общихъ сужденій ради непосредственно усматриваемыхъ сочетаній конкретныхъ вещей.

Но если мы не хотимъ приписать употребленію моделей открытій, въ дѣйствительности происшедшихъ, благодаря теоріямъ абстрактнымъ; если мы не желаемъ смѣшивать употребленіе моделей съ пользованіемъ аналогіей, то каково же, дѣйствительно, участіе теорій, апеллирующихъ къ воображенію, въ развитіи физики?

Участіе это, на нашъ взглядъ, весьма не велико.

Физикъ, наиболѣе рѣзко отождествлявшій пониманіе теорія съ созерцаніемъ моделей, лордъ Кельвинъ знаменитъ своими удивительными открытіями. Но мы не видимъ среди нихъ ни одного, которое внушила бы ему физика, апеллирующая къ воображенію. Прекраснѣйшія открытія его, эффектъ, носящій его имя, электрическій транспортъ теплоты, свойства перемѣнныхъ токовъ, прерывнаго разряда и многія другія открытія, перечислить которыя всѣ до единаго невозможно, были сдѣланы съ помощью абстрактныхъ системъ классической термодинамики. Вездѣ, гдѣ онъ апеллируетъ къ помощи механическихъ моделей, онъ ограничивается однимъ описаніемъ, воспроизведеніемъ результатовъ уже полученныхъ; объ открытіяхъ здѣсь не можетъ быть и рѣчи.

Въ такой же мѣрѣ сомнительно, чтобы модель электростатическихъ и электромагнитныхъ дѣйствій, которую приводитъ Максвелль въ своей статьѣ On phisical Lines of Force, руководила имъ при созданіи электромагнитной теоріи свѣта. Правда, онъ старается вывести изъ этой модели обѣ существенныя формулы этой теоріи, но самый методъ, къ которому онъ прибѣгаетъ въ этихъ своихъ попыткахъ, съ достаточной ясностью показываетъ, что результаты, которые онъ долженъ получить, стали извѣстны ему уже другимъ путемъ. Онъ такъ увлеченъ своимъ стремленіемъ снова получить ихъ во чтобы то ни стало именно этимъ путемъ, что онъ готовъ исказить одну изъ основныхъ формулъ упругости [1]). Ему удается создать теорію, которая носится передъ его умственнымъ взоромъ, только отказавшись отъ употребленія всякихъ моделей, а распро-

---

[1]) P. Duhem; Les Thèories èlectriques de I.—Clerk Maxwell, ètude historique et critique, Paris, 1902, стр., 212.

странивъ путемъ аналогіи абстрактную систему электро-динамики на токи перемѣщенія.

Итакъ, ни въ трудахъ лорда Кельвина, ни въ трудахъ Максвелля употребленіе механическихъ моделей не обнаружило той плодотворности, которую ему столь охотно приписываютъ въ настоящее время.

Слѣдуетъ ли изъ этого, что этотъ методъ не привелъ никогда и ни одного физика къ какому-нибудь открытію? Подобное утвержденіе было бы смѣшнымъ преувеличеніемъ. Открытія не регулируются никакимъ твердо установленнымъ правиломъ. Нѣтъ ученія столь нелѣпаго, чтобы оно не могло когда нибудь навести на мысль новую, счастливую. И звѣздочеты внесли свой вкладъ въ развитіе принциповъ механики неба.

Впрочемъ, если бы кто желалъ отрицать всякую плодотворность за употребленіемъ механическихъ моделей, онъ былъ бы опровергнутъ примѣрами недавняго времени. Ему можно было бы напомнить электро-оптическую теорію Лоренца, предвидѣвшаго раздвоеніе полосъ спектра въ магнитномъ полѣ, что побудило Зеемана наблюдать это явленіе. Можно было бы также напомнить ему механизмы, придуманные Джемсомъ Томсономъ для изображенія транспорта электричества внутрь газообразной массы, какъ и связанные съ этимъ любопытные эксперименты.

Правда, и эти примѣры могли бы вызвать споры.

Можно было бы возразить, что электро-оптическая система Лоренца, основанная, правда, на механическихъ гипотезахъ, есть уже не простая модель, а обширная теорія, различныя части которой логически между собою связаны и приведены въ одно цѣлое, что эффектъ Зеемана далеко не подтверждалъ теорію, приведшую къ его открытію, а, напротивъ того, прежде всего доказалъ, что теорія эта не можетъ быть удержана такой, какая она есть, а что она, по меньшей мѣрѣ, нуждается въ глубокихъ измѣненіяхъ.

Можно было бы также замѣтить, что связь между представленіями, которую хочетъ вызвать Джемсъ Томсонъ, аппелируя къ нашему воображенію, и хорошо наблюденными фактами іонизаціи газовъ довольно слаба; что механическія модели, сопоставленныя съ этими фактами, скорѣе затемняютъ сдѣланныя уже открытія, чѣмъ освѣщаютъ путь для новыхъ открытій.

Но не будемъ останавливаться на этихъ тонкостяхъ. Признаемъ *безъ* околичностей, что пользованіе механическими моделями могло привести нѣкоторыхъ физиковъ на путь открытій и

можетъ еще привести къ новымъ открытіямъ. Одно несомнѣнно: вкладъ, внесенный ими въ развитіе физики, далеко не такъ великъ какъ насъ въ этомъ хотятъ увѣрить. Если сравнить его со вкладомъ абстрактныхъ теорій, онъ окажется весьма и весьма скуднымъ.

§ X.—Должно-ли употребленіе механическихъ моделей мѣшать отыскиванію теоріи абстрактной илогически упорядоченной?

Мы видѣли уже, что знаменитѣйшіе изъ физиковъ, рекомендующихъ употребленіе механическихъ моделей, усматриваютъ въ этой формѣ теоріи гораздо меньше средство, ведущее къ новымъ открытіямъ, чѣмъ методъ для описанія явленій. Самъ лордъ Кельвинъ никогда не заявлялъ, что механизмы, которые онъ построилъ въ столь большомъ числѣ, даютъ возможность предсказывать явленія. Онъ ограничивался утвержденіемъ, что подобнаго рода конкретныя модели для него необходимы и что безъ нихъ онъ не можетъ достичь яснаго пониманія теоріи.

Умы сильные, не имѣющіе нужды для пониманія абстрактной идеи въ воплощеніи ея въ конкретный образъ, не имѣютъ никакихъ основаній отрицать за умами широкими, но слабыми—за тѣми, которымъ трудно понимать то, что не имѣетъ ни формы, ни цвѣта,—права разрисовывать извѣстнымъ образомъ въ воображеніи объекты физическихъ теорій. Лучшее средство содѣйствовать развитію науки, это предоставить всякой формѣ мышленія свободу развиваться, согласно собственнымъ своимъ законамъ, и развивать въ совершенствѣ свой типъ мышленія. Другими словами, необходимо предоставить умамъ сильнымъ свободу питаться абстрактными понятіями и общими принципами, а умамъ широкимъ обращаться къ вещамъ виднымъ и осязаемымъ; однимъ словомъ, не слѣдуетъ мѣшать англичанину мыслить по французски или французу мыслить по англійски. Этотъ интелектуальный либерализмъ, слишкомъ рѣдко понимаемый и примѣняемый, Гельмгольцъ, умъ чрезвычайно глубокій и сильный, формулировалъ слѣдующимъ образомъ: «Физики англійскіе, говоритъ онъ, каковы лордъ Кельвинъ въ своей теоріи вихревыхъ атомовъ или Максвелль въ своемъ допущеніи системы клѣтокъ, содержимое которыхъ находится во вращательномъ движеніи—гипотезѣ, служащей основаніемъ его попытки механическаго объясненія электромагнитныхъ явленій,—нашли, повидимому, въ такого рода объясненіяхъ болѣе живое удовле-

твореніе, чѣмъ въ весьма общемъ описаніи фактовъ и ихъ законовъ, т. е. въ системѣ дифференціальныхъ уравненій физики. Я за себя могу утверждать, что до сихъ поръ я держался этого послѣдняго рода описанія и съ нимъ чувствую гораздо больше увѣренности въ себѣ, чѣмъ съ какимъ либо другимъ; тѣмъ не менѣе я не могу имѣть ничего принципіальнаго противъ метода, которому слѣдуютъ эти великіе физики»[1]).

Впрочемъ, въ настоящее время дѣло вовсе не въ томъ, допускаютъ ли умы сильные, чтобы умы съ богатымъ воображеніемъ пользовались образами и моделями, а въ томъ, имѣютъ ли они сами право заботиться о единствѣ и логической стройности физическихъ теорій. Умы съ богатымъ воображеніемъ въ дѣйствительности не ограничиваются заявленіемъ, что употребленіе конкретныхъ образовъ имъ необходимо для пониманія абстрактныхъ теорій. Нѣтъ, они утверждаютъ, что, создавая для каждой изъ главъ физики механическую модель или алгебраическій аппаратъ, безъ всякой связи съ моделью, которая служила для иллюстраціи предыдущей главы, и съ моделью, которая послужитъ для иллюстраціи слѣдующей главы, они удовлетворяютъ всѣмъ законнымъ требованіямъ нашего интеллекта; что попытки нѣкоторыхъ физиковъ построить теорію логически цѣльную, основанную на возможно меньшемъ числѣ независимыхъ и точно формулированныхъ гипотезъ, представляютъ собою работу, неудовлетворяющую никакой потребности здороваго ума. На этомъ основаніи люди, руководящіе обученіемъ и научными изслѣдованіями, должны, по ихъ мнѣнію, удерживать физиковъ отъ этой *безполезной* работы.

Подобнаго рода утвержденія вы слышите постоянно въ сотнѣ различныхъ формъ отъ всѣхъ людей типа ума широкаго и утилитарнаго. Что же мы отвѣтимъ на все это въ защиту необходимости и преимущества абстрактныхъ и логически упорядоченныхъ теорій?

Что мы можемъ отвѣтить на слѣдующій вопросъ, настойчиво предлагаемый въ настоящее время: позволительно-ли символизировать нѣсколько различныхъ группъ экспериментальныхъ законовъ или даже одну только группу ихъ при помощи нѣсколькихъ теорій, каждая изъ которыхъ основана на гипоте-

---

[1]) H. von Helmgoltz: Preface de l'ouvrage de H. Hertz, Die Principien der Mechanik, стр., 21.

захъ, не совмѣстимыхъ съ гипотезами, лежащими въ основѣ другихъ теорій?

На этотъ вопросъ мы не замедлимъ отвѣтить слѣдующее: если руководствоваться исключительно строго логическими соображеніями, мы не можемъ запретить физику выразить различныя группы законовъ или даже одну только группу ихъ посредствомъ нѣсколькихъ теорій, несовмѣстимыхъ между собой; невозможно осудить отсутствіе связи въ физической теоріи.

Люди, видящіе въ физической теоріи объясненіе законовъ неорганическаго міра, будутъ весьма недовольны подобнаго рода заявленіемъ. Было бы, дѣйствительно, абсурдомъ требовать, чтобы два различныхъ объясненія одного и того же закона были точны въ одно и то же время. Было бы абсурдомъ объяснять одну группу законовъ, исходя изъ одной гипотезы строенія матеріи, и другую группу законовъ, исходя изъ совершенно другой гипотезы ея строенія. Въ объяснительной теоріи не можетъ быть ни малѣйшаго намека даже на противорѣчіе.

Но если же принимаютъ, что физическая теорія есть лишь система, ставящая себѣ задачей классификацію группы экспериментальныхъ законовъ, какъ это пытались показать мы, то какъ можно почерпать въ ученіяхъ логики право осуждать физика, пользующагося различными методами классификаціи для упорядоченія различныхъ группъ законовъ или для одной и той же группы законовъ дающаго нѣсколько классификацій, исходящихъ изъ различныхъ методовъ? Запрещаетъ ли логика естествоиспытателю одну группу животныхъ классифицировать на основаніи нервной системы, а другую группу на основаніи кровообращенія? Будетъ ли это абсурдомъ, если зоологъ будетъ излагать послѣдовательно систему Bouvier, группирующаго молюсковъ по расположенію ихъ нервныхъ волоконъ, и затѣмъ систему Remy Perrier, сравненія котораго основываются на изученіи органа Bojanus'а? Такимъ же образомъ физикъ логически имѣетъ право разсматривать одинъ разъ матерію, какъ нѣчто *сплошное, непрерывное*, а другой разъ считать ее состоящей изъ отдѣльныхъ атомовъ; онъ имѣетъ право дѣйствія капилярности объяснять силами притяженія, существующими между неподвижными частичками, и тѣмъ же частичкамъ приписывать быстрыя движенія, чтобы объяснить тепловыя дѣйствія; ни

одно изъ этихъ объясненій, взятое въ отдѣльности, не окажется въ противорѣчіи съ принципами логики.

Очевидно, что логика возлагаетъ на физика одну только обязанность: не смѣшивать различныхъ методовъ классификацій, которыми онъ пользуется. Это значитъ, что если онъ устанавливаетъ извѣстную связь между двумя законами, онъ обязанъ вполнѣ точно указать, какимъ изъ указанныхъ имъ методовъ эта связь оправдывается. Именно это хотѣлъ выразить Пуанкарэ, когда онъ написалъ слѣдующія слова, приведенныя нами уже выше: «Изъ двухъ противорѣчивыхъ теорій каждая сама по себѣ можетъ служить полезнымъ вспомогательнымъ средствомъ для изслѣдованій, если только не смѣшивать ихъ и не искать въ нихъ сущности вещей» [1]).

Итакъ, логика не даетъ ни одного неоспоримаго аргумента для того, кто желалъ бы приписать физической теоріи порядокъ, свободный отъ всякихъ противорѣчій. Окажутся *ли* достаточныя основанія въ пользу этого порядка въ принципѣ, выраженномъ въ стремленіи науки къ величайшей экономіи мышленія? Мы думаемъ, что нѣтъ.

Въ началѣ настоящей главы мы показали сколь различна можетъ быть оцѣнка различными мыслителями экономіи мысли, вытекающей изъ извѣстной интеллектуальной операціи. Мы видѣли, что тамъ, гдѣ сильный, но узкій умъ видитъ облегченіе, умъ широкій но слабый чувствуетъ большую усталость.

Ясно, что умы, способные къ воспріятію абстрактныхъ идей, къ образованію общихъ сужденій, къ построенію строго логическихъ дедукцій, но легко запутывающіеся въ группировкѣ болѣе или менѣе сложной, сочтутъ теорію тѣмъ болѣе удовлетворительной, тѣмъ болѣе экономной, чѣмъ совершеннѣе ея порядокъ, чѣмъ рѣже единство и цѣльность ея нарушается пробѣлами или противорѣчіями.

Но воображеніе, столь широкое, что оно однимъ взглядомъ можетъ охватить сложную группировку ничѣмъ между собою не связанныхъ вещей, не чувствуя потребности въ упорядоточеніи ихъ, бываетъ обыкновенно связано съ умомъ столь слабымъ, что онъ боится абстракціи, обобщенія, дедукціи. Люди съ большимъ воображеніемъ и слабымъ умомъ найдутъ, что значительная логическая работа, объединяющая различныя части теоріи въ одну

---

1) H. Poincaré: Èlectricité et Optique. I. Les théories de Maxwell et la théorie électromagnetique de la lumière. Introduction. стр. IX.

цѣльную систему, требуетъ отъ нихъ большаго труда, чѣмъ усвоеніе этихъ отдѣльныхъ разрозненныхъ частей. Поэтому, они вовсе не не признаютъ въ переходѣ отъ отсутствія связи къ цѣльности экономію мысли.

Ни принципъ противорѣчія, ни законъ экономіи мысли не даютъ намъ возможности неопровержимо доказать, что физическая теорія должна быть логически упорядочена. Откуда же мы возьмемъ аргументъ въ пользу такого мнѣнія?

Мнѣніе это имѣетъ свои законныя основанія, вытекая изъ прирожденнаго намъ чувства, которое чисто логическими разсужденіями оправдано быть не можетъ, но которое и подавить вполнѣ невозможно. Даже ученые, создавшіе теоріи, отдѣльныя части которыхъ совсѣмъ не согласуются между собою, въ которыхъ описано столько же различныхъ, ничѣмъ между собою не связанныхъ моделей механическихъ или алгебраическихъ, сколько имѣется главъ въ ихъ книгѣ, дѣлаютъ это неохотно. Достаточно прочитать предисловіе, предпосланное Максвеллемъ своему учебнику электричества и магнитизма, изобилующему неразрѣшимыми противорѣчіями, чтобы убѣдиться, что противорѣчія эти далеко не были желательны, что авторъ, наоборотъ, желалъ получить вполнѣ стройную теорію электромагнитизма. Создавая свои безчисленныя модели, столь мало между собою связанныя, лордъ Кельвинъ не перестаетъ надѣяться, что настанетъ когда нибудь день, когда будетъ возможно дать механическое объясненіе матеріи. Онъ тѣшитъ себя надеждой, что модели его сослужатъ роль вѣхъ, которыя укажутъ путь къ открытію этого объясненія.

Каждый физикъ естественно стремится къ единству науки. Въ этомъ причина, почему употребленіе моделей, ничѣмъ между собой несвязанныхъ и несовмѣстимыхъ, было предложено лишь немного лѣтъ тому назадъ. Будь полное и детальное механическое объясненіе законовъ физики—дѣло достижимое, то и разумъ, требующій теоріи, всѣ части которой были-бы между собой логически связаны, и воображеніе, желающее выразить эти различныя части теоріи въ конкретныхъ образахъ, видѣли бы въ такомъ объясненіи осуществленіе своихъ цѣлей. Въ этомъ причина той горячности, съ которой теоретики съ давнихъ поръ стараются найти подобное объясненіе. Когда тщетность этихъ усилій была доказана съ очевидностью, когда убѣдились, что подобное объясненіе есть химера [1]),

[1]) За подробностями по этому вопросу отсылаю читателя къ моей книгѣ L'èvolution de la Mècanique, Paris 1903.

физики, придя къ убѣжденію, что невозможно одновременно удовлетворить и требованіямъ разума и потребности воображенія, вынуждены были сдѣлать выборъ. Умы сильные и послѣдовательные, считаясь прежде всего съ требованіями разума, отказываются требовать отъ физической теоріи объясненія законовъ природы, чтобы за то спасти цѣльность и послѣдовательность теорій. Умы же широкіе, но слабые, считаясь съ требованіями воображенія, болѣе сильнаго у нихъ, чѣмъ разумъ, отказываются строить логическую систему, чтобы имѣть зато возможность изобразить части своей теоріи въ формѣ видимой и осязательной. Но отказъ этихъ послѣднихъ—по крайней мѣрѣ, тѣхъ, съ мнѣніемъ которыхъ приходится считаться,—никогда не былъ *полнымъ* и *окончательнымъ*. Свои конструкціи, разрозненныя и между собою не связанныя, они всегда выдавали за временные наброски, за лѣса, которые скоро должны быть убраны. Они никогда не теряютъ надежды, что настанетъ когда нибудь день и явится геніальный архитекторъ, который построитъ зданіе, всѣ части котораго будутъ возведены по одному плану,—зданіе, которое будетъ образцомъ цѣльности. Только тѣ, которые притворяются, будто они слишкомъ низко цѣнятъ силу ума, чтобы произвести такое впечатлѣніе, будто они обладаютъ широкимъ умомъ, унизились до того, чтобы принять эти лѣса за законченный памятникъ.

Такимъ образомъ, всѣ люди, способные разсуждать, способные разбираться въ собственныхъ своихъ мысляхъ, чувствуютъ въ себѣ это непобѣдимое стремленіе къ логической цѣльности физической теоріи. Это стремленіе къ теоріи, всѣ части которой логически между собою связаны, съ другой стороны неразрывно связано съ другимъ стремленіемъ, непобѣдимую силу котораго мы констатировали уже выше [1]), со стремленіемъ къ теоріи, дающей естественную классификацію физическихъ законовъ. Въ самомъ дѣлѣ, мы чувствуемъ, что если дѣйствительныя отношенія между вещами, не схваченныя методами, которыми пользуется физикъ, какимъ нибудь образомъ отражаются въ нашихъ физическихъ теоріяхъ, то это отраженіе не можетъ быть лишено порядка и цѣльности. Доказать неопровержимыми аргументами, что это чувство соотвѣтствуетъ дѣйствительности, было бы дѣломъ, выходящимъ за предѣлы средствъ физики. Какъ мы могли бы указать черты, которыя должны быть присущи этому отраженію, разъ объекты, да-

---

[1]) См. главу II, § 4.

ющіе это отраженіе, внѣ поля нашего зрѣнія? И тѣмъ не менѣе чувство это возникаетъ въ насъ съ неодолимой силой и того, кто захотѣлъ бы видѣть въ этомъ лишь миражъ, иллюзію, вы не могли бы заставить замолчать, исходя изъ принципа противорѣчія; вы могли бы только сказать, что онъ лишенъ здраваго смысла.

Въ этомъ случаѣ, какъ и во всѣхъ другихъ, наука не могла бы доказать законности своихъ принциповъ, даже тѣхъ, которыми опредѣляются ея методы и ея изслѣдованія, если бы она не руководствовалась здравымъ смысломъ. Въ основѣ всѣхъ нашихъ ученій, самымъ яснымъ образомъ сформулированныхъ, строго логически выведенныхъ, мы всегда найдемъ это безпорядочное стеченіе тенденцій, стремленій и интуицій. Нѣтъ такого глубокаго анализа, который могъ бы раздѣлить ихъ, чтобы разложить ихъ, на элементы болѣе простые. Нѣтъ того языка, достаточно тонкаго и гибкаго, чтобы опредѣлить и сформулировать ихъ. И тѣмъ не менѣе истины, которыя открываетъ намъ здравый человѣческій разсудокъ, столь ясны, столь достовѣрны, что мы не можемъ ни не признавать ихъ, ни усомниться въ нихъ. Болѣе того: всякая научная ясность, всякая научная достовѣрность есть лишь отраженіе ихъ ясности и дальнѣйшее усиленіе ихъ достовѣрности.

Итакъ, въ распоряженіи разума нѣтъ логическаго аргумента, который могъ бы помѣшать физической теоріи разорвать цѣпи строгой логики, но «природа поддерживаетъ немощный умъ и мѣшаетъ ему свихнуться до такой степени» [1]).

---

[1]) Pascal: Pensées, édition Havet, art. 8.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

СТРОЕНІЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРІИ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Количество и качество.

§ I.—Теоретическая физика есть физика математическая.

Въ первой части настоящаго сочиненія была точно намѣчена цѣль, которую долженъ ставить себѣ физикъ, приступая къ построенію теорій.

Мы видѣли, что физическая теорія должна быть системой логически связанныхъ между собою положеній, а не рядомъ механическихъ или алгебраическихъ моделей, не объединенныхъ никакой связью. Задача этой системы дать не объясненіе, а описаніе и, естественную классификацію системы экспериментальныхъ законовъ.

Это требованіе—связать одной логической цѣпью, строго логическимъ порядкомъ большое число положеній—вовсе не маловажно и удовлетвореніе его вовсе не легко. Вѣковой опытъ достаточно свидѣтельствуетъ, какъ легко одно какое нибудь ложное заключеніе можетъ вкрасться въ рядъ умозаключеній, какъ будто совершенно безупречный. Но есть одна наука, логика которой достигла такой степени совершенства, что заблужденія легко въ ней избѣгать и не менѣе легко ихъ замѣтить, если они все же вкрадываются. Наука эта есть наука чиселъ, ариѳметика, вмѣстѣ съ дальнѣйшимъ расширеніемъ ея, алгеброй. Этимъ совершенствомъ своимъ наука эта обязана своему символическому языку величайшей краткости, гдѣ каждое понятіе изображается знакомъ, опредѣленіе котораго исключаетъ всякую двусмысленность, гдѣ каждая фраза дедуктивнаго разсужденія представлена операціей, комбинирующей знаки по твердо установленнымъ правиламъ, вычисленіемъ, точность котораго всегда не трудно провѣрить. Этотъ краткій и точный

языкъ обезпечиваетъ за алгеброй такое развитіе, что въ ней нѣтъ или почти нѣтъ противоположныхъ доктринъ и враждующихъ между собою школъ.

Однимъ изъ величайшихъ славныхъ дѣлъ геніевъ, украсившихъ собою XVI и XVII столѣтія, было познаніе слѣдующей истины: физика не будетъ ясной и точной наукой, свободной отъ постоянныхъ и безплодныхъ споровъ, ареной которыхъ она была до тѣхъ поръ, способной добиться всеобщаго признанія для своихъ доктринъ, покуда она не станетъ пользоваться языкомъ математики. Они положили начало истинной теоретической физикѣ, понявъ, что она должна быть физикой математической.

Зародившись въ XVII столѣтіи, математическая физика своими поразительными и постоянными успѣхами въ изученіи природы доказала, что она обладаетъ здравымъ физическимъ методомъ. Въ настояще время было бы невозможно, не входя въ противорѣчіе съ простымъ здравымъ смысломъ, отрицать, что физическія теоріи должны быть выражены на языкѣ математическомъ.

Для того, чтобы физическая теорія могла быть изложена въ формѣ цѣпи алгебрическихъ вычисленій, необходимо, чтобы всѣ понятія, которыми она пользуется, могли быть выражены въ числахъ. Мы можемъ, поэтому, задаться теперь слѣдующимъ вопросомъ: при какомъ условіи физическое свойство можетъ быть обозначено численнымъ символомъ?

§ II.—Количество и мѣра.

Первый отвѣтъ на этотъ вопросъ, который приходитъ въ голову, таковъ: для того, чтобы свойство, которое мы находимъ въ тѣлахъ, могло быть обозначено численнымъ символомъ, необходимо и достаточно, чтобы—говоря языкомъ Аристотеля—свойство это принадлежало къ категоріи количества, а не къ категоріи качества, необходимо и достаточно,—чтобы, говоря языкомъ, болѣе охотно употребляемымъ современными математиками,—это свойство было величиной.

Каковы же существенныя особенности величины? Какъ мы узнаемъ, напримѣръ, что длина линіи есть величина?

Сравнивая различныя длины между собою, мы наталкиваемся на понятія длинъ, равныхъ и неравныхъ, и эти понятія обнаруживаютъ слѣдующія два существенныхъ признака:

Двѣ длины, равныя одной и той же другой длинѣ, равны между собой.

Если первая длина больше второй и эта вторая больше третьей, то первая длина больше третьей.

Эти два признака даютъ намъ уже возможность выразить, что двѣ длины A и B равны между собою, воспользовавшись для этого ариѳметическимъ символомъ = и написавъ: $A = B$. Они же даютъ намъ возможность выразить, что длина A больше длины B, написавши: $A > B$ или $B < A$. И дѣйствительно, единственныя свойства знаковъ равенства или неравенства, которыя мы находимъ въ ариѳметикѣ или въ алгебрѣ, суть слѣдующія:

1. Изъ двухъ равенствъ $A = B$, $B = C$ вытекаетъ равенство $A = C$.

2. Изъ двухъ неравенствъ $A > B$, $B > C$, вытекаетъ неравенство $A > C$.

Эти же свойства принадлежатъ еще знакамъ равенства и неравенства, когда мы пользуемся ими для изученія длинъ.

Если мы помѣстимъ одну вслѣдъ за другой нѣсколько длинъ A, B, C..., мы получимъ новую длину S. Эта новая длина S больше каждой изъ слагаемыхъ длинъ A, B, C. Она не измѣняется, если перемѣнить порядокъ, въ которомъ расположены слагаемыя. Она не измѣняется также, если замѣнить нѣкоторыя изъ слагаемыхъ, напримѣръ, B, C длиной, которая получается, если расположить эти послѣднія одну вслѣдъ за другой, отдѣльно отъ остальныхъ.

Этихъ немногихъ признаковъ достаточно уже, чтобы мы могли воспользоваться ариѳметическими знаками сложенія для изображенія операцій расположенія длинъ одной вслѣдъ за другой и написать $S = A + B + C + \ldots$

Дѣйствительно, послѣ всего сказаннаго мы можемъ написать:

$$A + B > A, \quad A + B > B$$

$$A + B = B + A,$$

$$A + B + C = A + (B + C).$$

Эти равенства и неравенства суть единственные основные постулаты ариѳметики. Такимъ образомъ всѣ ариѳметическія правила, служащія для комбинацій чиселъ, могутъ быть примѣнены и къ длинамъ.

Ближайшее изъ нихъ есть правило умноженія. Длина, полученная уложеніемъ въ рядъ одной за другой n длинъ равныхъ между собой и длинѣ A, можетъ быть выражена символомъ $A \times n$.

Этотъ дальнѣйшій шагъ впередъ въ примѣненіи правилъ ариѳметики къ длинамъ есть исходный пунктъ для измѣренія длинъ, позволяющаго намъ каждую длину выразить числомъ, употребляемымъ въ связи съ опредѣленной, разъ на всегда выбранной, нормальной единицей.

Возьмемъ такую единицу длины, метръ, напримѣръ, т. е. длину, которую имѣетъ опредѣленный металлическій стержень, сохраняемый при вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ въ интернаціональномъ бюро мѣръ и вѣсовъ.

Извѣстныя длины могутъ быть получены расположеніемъ одной вслѣдъ за другой n длинъ, равныхъ одному метру каждая. Число n вмѣстѣ съ обозначеніемъ метра вполнѣ представляетъ тогда такую длину; мы говоримъ тогда, что это есть длина въ n метровъ.

Нѣкоторыя другія длины не могутъ быть получены такимъ образомъ. Но онѣ могутъ быть получены, если расположить одну вслѣдъ за другой p равныхъ частей, между тѣмъ какъ q тѣхъ же частей, расположенныхъ одна вслѣдъ за другой, дали бы длину метра. Въ такомъ случаѣ длина такая была бы вполнѣ извѣстна, если обозначить ее дробью $\frac{p}{q}$ вмѣстѣ съ обозначеніемъ метра; мы имѣли бы тогда длину въ $\frac{p}{q}$ метровъ.

Несоизмѣримое число, тоже вмѣстѣ съ обозначеніемъ нормальной единицы, дастъ намъ возможность подобнымъ же образомъ выразить каждую длину, непринадлежащую ни къ одной изъ двухъ опредѣленныхъ нами категорій. Однимъ словомъ, какую бы длину ни взять, она вполнѣ извѣстна, когда мы говоримъ, что это—длина въ x метровъ, гдѣ x есть число цѣлое, дробное, или несоизмѣримое.

Затѣмъ сложеніе символическое $A+B+C+\ldots$, которымъ мы изобразили операцію послѣдовательнаго присоединенія нѣсколькихъ длинъ, можетъ быть замѣнено настоящимъ ариѳметическимъ сложеніемъ. Достаточно измѣрить каждую изъ длинъ A, B, $C\ldots$ одной и той же единицей, метромъ, напримѣръ. Мы получимъ тогда числа метровъ a, b, $c\ldots$ Прибавляя послѣдовательно длины A, B, C, ... мы получили длину S. Если и ее измѣрить въ метрахъ, то она будетъ выражена числомъ s, которое будетъ ариѳметической суммой чиселъ a, b, $c\ldots$. составляющихъ мѣры длинъ A, B, C. Символическое равенство $A+B+C+\ldots=S$ между слагаемыми длинами и результирующей длиной замѣнится тогда ариѳметическимъ ра-

венствомъ $a+b+c+\ldots=s$ между числами метровъ, изображающими эти длины.

Такъ, выбравъ единицу длины и производя измѣренія, мы можемъ воспользоваться знаками ариеметики и алгебры—придуманными для операцій надъ числами—для изображенія операцій, произведенныхъ надъ величинами.

То, что мы говорили о длинахъ, мы могли бы повторить и о поверхностяхъ, объемахъ, углахъ и временахъ. Всѣ физическіе аттрибуты, которые являются величинами, обнаруживаютъ аналогичные признаки. Вездѣ мы видимъ, какъ различные размѣры какой нибудь величины образуютъ соотношенія равенства или неравенства, которыя могутъ быть представлены при помощи знаковъ, $=$, $>$, $<$. Всегда мы можемъ подвергнуть величину операціи, обладающей двумя свойствами: она не измѣняется отъ перемѣны порядка ея членовъ и отъ замѣны нѣсколькихъ изъ нихъ ихъ суммой. Вслѣдствіе этого операція эта можетъ быть обозначена ариеметическимъ символомъ сложенія, т. е. знакомъ $+$. Эта операція вводитъ измѣреніе въ изученіе этой величины, и даетъ возможность полнаго ея опредѣленія сочетаніемъ числа цѣлаго, дробнаго или несоизмѣримаго съ нормальной единицей; такое сочетаніе извѣстно подъ именемъ именованнаго числа.

§ III.—Количество и качество.

Существенный признакъ всякаго аттрибута, принадлежащаго къ категоріи количества, заключается, очевидно, въ слѣдующемъ: какіе бы размѣры величины какого-нибудь количества ни взять, они всегда могутъ быть получены путемъ сложенія меньшихъ размѣровъ того же количества. Каждое количество есть соединеніе—при помощи операцій перемѣстительной и сочетательной—меньшихъ количествъ, чѣмъ первое, но того же рода, чѣмъ оно, и образующихъ его части.

Этотъ признакъ перипететическая философія выразила слѣдующей формулой, слишкомъ краткой, чтобы могли быть вполнѣ ясны всѣ детали мысли: количество есть то, что имѣетъ части и однѣ части внѣ другихъ.

Всякій аттрибутъ, который не есть количество, есть качество.

«Качество, говоритъ Аристотель, есть одно изъ тѣхъ словъ, которое употребляется въ нѣсколькихъ значеніяхъ». Качество есть форма геометрической фигуры, образующей кругъ или треугольникъ; качества суть доступныя воспріятію свойства тѣлъ, теплота и хо-

лодъ, свѣтъ и тьма, красное и синее; быть здоровымъ есть качество; быть добродѣтельнымъ есть качество; быть ученымъ, математикомъ или музыкантомъ—все это качества.

«Есть качества, прибавляетъ мудрецъ изъ Тагира, которыя не могутъ быть восприняты больше или меньше; кругъ не можетъ быть больше или меньше кругомъ; треугольникъ не можетъ быть больше или меньше треугольнымъ. Но большая часть качествъ можетъ быть больше или меньше. Они могутъ имѣть и н т е н с и в н о с т ь: вещь бѣлая можетъ стать еще болѣе бѣлой».

Съ перваго взгляда можетъ показаться заманчивымъ устанавливать связь между различными интенсивностями одного и того же качества и различными размѣрами одной и той же величины какого нибудь количества, сравнивать повышеніе интенсивности (intensio) или паденіе ея (remissio) съ увеличеніемъ какой нибудь длины, поверхности, или объема.

Пусть *A*, *B*, *C* суть различные математики. A можетъ быть такимъ же хорошимъ или лучшимъ или худшимъ математикомъ, чѣмъ *B*. Если *A* есть такой же хорошій математикъ, какъ *B*, а *B* такой же хорошій, какъ *C*, то *A* есть такой же хорошій математикъ какъ *C*. Если *A* есть лучшій математикъ, чѣмъ *B*, а *B* лучшій математикъ, чѣмъ *C*, то *A* есть лучшій математикъ, чѣмъ *C*.

Пусть *A*, *B*, *C* суть красныя вещества, съ которыми мы сравниваемъ ихъ оттѣнки. Вещество *A* можетъ имѣть столь же яркій, болѣе яркій и менѣе яркій цвѣтъ, чѣмъ вещество *B*. Если оттѣнокъ цвѣта *A* столь жеярокъ, какъ оттѣнокъ цвѣта *B*, а оттѣнокъ цвѣта *B* столь же ярокъ, какъ оттѣнокъ цвѣта *C*, то оттѣнокъ цвѣта *A* столь ярокъ, какъ оттѣнокъ цвѣта *C*. Если же цвѣтъ *A* болѣе ярокъ, чѣмъ цвѣтъ *B*, а цвѣтъ *B* болѣе ярокъ, чѣмъ цвѣтъ *C*, то цвѣтъ *A* болѣе ярокъ, чѣмъ цвѣтъ *C*.

Чтобы выразить, что два качества одного и того же рода суть качества одной и той же или не равной интенсивности, мы можемъ воспользоваться знаками, $=$, $>$, $<$; знаки эти имѣютъ здѣсь тѣ же свойства, что и въ ариѳметикѣ.

Но здѣсь аналогія между количествами и качествами прекращается.

Мы видѣли уже, что одно большое количество можетъ быть образовано сложеніемъ извѣстнаго числа небольшихъ количествъ того же рода. Большое число хлѣбныхъ зеренъ въ мѣшкѣ можетъ быть всегда получено смѣшеніемъ кучъ, изъ которыхъ каждая содержитъ меньшее количество зеренъ. Столѣтіе есть рядъ лѣтъ, годъ

есть рядъ дней, часовъ и минутъ. Мы проходимъ длинный путь во много миль, съ каждымъ шагомъ прибавляя небольшую часть къ пройденному уже пути. Обширное поле можетъ быть разбито на меньшіе участки.

Ничего подобнаго вы не найдете въ категоріи качества. Сколько вы ни соберете математиковъ средней величины въ одинъ многолюдный конгрессъ, вы не получите ничего, что могло бы быть эквивалентно какому-нибудь Архимеду или Лагранжу. Сколько вы не будете сшивать кусковъ матеріи краснаго цвѣта слабой яркости, вы не получите одного куска болѣе яркаго цвѣта.

Качество извѣстнаго рода и извѣстной интенсивности никакъ не можетъ получиться изъ нѣсколькихъ качествъ того же рода и меньшей интенсивности. Каждая интенсивность какого нибудь качества имѣетъ свои собственныя индивидидуальныя черты, которыми она абсолютно отличается отъ интенсивностей большихъ и меньшихъ. Качество извѣстной интенсивности не содержитъ, какъ составную свою часть, то же самое качество меньшей интенсивности, оно не входитъ также, какъ часть, въ составъ того же качества большей интенсивности. Кипящая вода бываетъ теплѣе, чѣмъ кипящій спиртъ, и этотъ послѣдній—теплѣе, чѣмъ кипящій эфиръ; но ни теплота кипящаго спирта, ни теплота кипящаго эфира не суть части теплоты кипящей воды. Было бы нелѣпо сказать, что теплота кипящей воды есть сумма теплоты кипящаго спирта и теплоты кипящаго эфира [1]). Дидро въ шутку спрашивалъ, сколько потребовалось бы комовъ снѣгу, чтобы нагрѣть печку; вопросъ этотъ можетъ смутить только того, кто смѣшиваетъ качество съ количествомъ.

Такимъ образомъ, мы въ категоріи качества не найдемъ ничего, что было бы похоже на образованіе большого количества сложеніемъ малыхъ количествъ, образующихъ его части; мы здѣсь не найдемъ операціи перемѣстительной и сочетательной, ничего что можно было бы назвать сложеніемъ и обозначить знакомъ +. Ясно, что на качествѣ мѣра, вытекающая изъ понятія сложенія, не могла бы быть основана.

---

[1]) Само собою разумѣется, что мы употребляемъ здѣсь слово „теплота“ въ томъ смыслѣ, который придаетъ ему повседневная наша рѣчь, но который ничего общаго не имѣетъ съ тѣмъ, что физикъ понимаетъ подъ словомъ „теплота“.

§ IV. Физика чисто количественная.

Когда аттрибутъ какой нибудь доступенъ измѣренію, когда онъ есть количество, то различныя величины этого количества могутъ быть выражены на языкѣ алгебры. Но доступны ли выраженію на языкѣ алгебры только количества, а качества не могутъ быть на немъ выражены? Философы XVII столѣтія, создавшіе математическую физику, несомнѣнно такъ думали. Чтобы создать математическую физику, созданіе которой было цѣлью ихъ стремленій, они должны были въ своихъ теоріяхъ разсматривать исключительно количества и строго изгонять изъ нихъ всякое понятіе качественное.

Кромѣ того всѣ эти философы усматривали въ физической теоріи не описаніе, а объясненіе выведенныхъ изъ опыта законовъ. Понятія, изложенныя въ этой теоріи, были для ея авторовъ не знаками и символами чувственныхъ свойствъ, но выраженіемъ самой дѣйствительности, скрывающейся за этими явленіями. Вся вселенная, которую чувства наши представляютъ намъ, какъ огромную совокупность качествъ, должна была, поэтому, представляться разуму, какъ система количествъ.

Всѣ эти стремленія, общія всѣмъ великимъ научнымъ реформаторамъ XVII столѣтія, нашли свое осуществленіе въ картезіанской философіи.

Полное игнорированіе качествъ при изученіи матеріальныхъ вещей—вотъ цѣль, какъ и наиболѣе характерная черта картезіанской физики.

Изъ всѣхъ наукъ одна только ариѳметика и дальнѣйшее расширеніе ея, алгебра совершенно свободны отъ понятій, заимствованныхъ изъ категоріи качества; только онѣ однѣ удовлетворяютъ идеалу, который ставилъ предъ всѣмъ естествознаніемъ Декартъ.

Уже въ геометріи умъ наталкивается на элементъ качественный, потому что наука эта «настолько связана разсмотрѣніемъ фигуръ, что она не можетъ изощрять пониманіе, не утомляя слишкомъ воображеніе». — «Возраженіе древнихъ противъ употребленія терминовъ ариѳметики въ геометріи, которая не могла развиваться потому, что они не видѣли достаточно ясно связи между ними,— вотъ причина неясности и путаницы въ ихъ объясненіяхъ». Эта неясность, эта путаница исчезнетъ, когда будетъ устранено изъ геометріи качественное понятіе формы, фигуры и будетъ сохранено только количественное понятіе разстоянія, будутъ сохранены уравне-

нія, гдѣ устанавливается связь между разстояніями различныхъ точекъ, подлежащихъ изученію. Хотя объекты ихъ различной природы, тѣмъ не менѣе различныя отрасли математики усматриваютъ въ этихъ объектахъ только «различныя отношенія или пропорціи, существующія между ними», такъ что достаточно разсматривать эти отношенія вообще, согласно методамъ алгебры, не думая совершенно объ объектахъ, между которыми эти отношенія существуютъ, ни о фигурахъ, въ которыхъ они осуществляются. Поэтому «все, что подлежитъ разсмотрѣнію математиковъ, сводится къ проблемамъ одного и того же типа, къ опредѣленію величинъ корней какого-нибудь уравненія». Вся математика сводится къ наукѣ чиселъ, въ ней разсматриваются только количества; качествамъ въ ней нѣтъ мѣста.

Послѣ того, какъ качества были изгнаны изъ геометріи, ихъ необходимо было изгнать и изъ физики. Для этого достаточно свести физику къ математикѣ, къ наукѣ, изучающей только количества, и именно это дѣло попытался осуществить Декартъ.

«Я не получаю никакихъ принциповъ въ физикѣ, говоритъ онъ, которые не были-бы также получены и въ математикѣ». Ибо— признаюсь въ этомъ чистосердечно—я никакой другой субстанціи въ матеріальныхъ вещахъ не признаю, кромѣ той, доступной всевозможнаго рода дѣленіямъ, могущей принять всевозможнаго рода фигуры и движенія, матеріи, которую математики называютъ количествомъ и дѣлаютъ объектомъ своихъ доказательствъ. И въ этой матеріи я абсолютно ничего другого не разсматриваю, кромѣ этихъ дѣленій, фигуръ и движеній и ничего другого не считаю въ нихъ истиннымъ, кромѣ того, что можетъ быть выведено изъ общихъ понятій, въ которыхъ никакое сомнѣніе невозможно, и притомъ выведено съ такой очевидностью, что этотъ выводъ равносиленъ математическимъ доказательствамъ. А такъ какъ всѣ явленія природы могутъ быть отсюда объяснены,—что будетъ доказано ниже,— то другихъ принциповъ физики искать не нужно, да они и не желательны» [1]).

Но прежде всего, что такое матерія? «Природа ея [2]) заключается не въ твердости, ни также въ тяжести, теплотѣ или другихъ качествахъ этого рода», а только «въ протяженности въ длину, ширину и глубину», въ томъ «что математики называютъ

[1]) Descartes: Principia Philosophiae, Pars II, art. LXIV.

[2]) Idem, Ibid., Pars II, art. II.

количествомъ» или объемомъ. Итакъ, матерія есть количество; количество какой-нибудь матеріи есть объемъ, который она занимаетъ; корабль содержитъ одинаковое количество матеріи, нагруженъ ли онъ ртутью или воздухомъ. «Тѣ, которые утверждаютъ [1]), будто они различаютъ между матеріальной субстанціей и протяженностью или количествомъ, либо подъ словомъ «субстанція» не представляютъ себѣ ничего либо имѣютъ при этомъ весьма смутную идею субстанціи нематеріальной».

Что такое движеніе? Тоже количество. Помножьте количество матеріи всякаго тѣла данной системы на его скорость и сложите всѣ произведенія и вы получите количество движенія системы. Покуда эта система не сталкивается ни съ какимъ чуждымъ ей тѣломъ, которое могло бы сообщить ей движеніе или отнять его у нея, количество движенія этой системы остается постояннымъ.

Такъ, во всей вселенной распространена одна *единая*, однородная, несжимаемая и нерасширяемая матерія, о которой мы не знаемъ ничего, кромѣ того, что она протяженна. Матерія эта дѣлима на части различной формы, и эти части могутъ находиться въ движеніи другъ относительно друга. Таковы единственныя дѣйствительныя свойства того, что образуетъ тѣла. Къ этимъ свойствамъ должны быть сводимы всѣ доступныя намъ качества, дѣйствующія на наши чувства. Задача картезіанской физики объяснить, какъ эти качества могутъ быть сведены къ тѣмъ свойствамъ.

Что такое тяжесть? Дѣйствіе, производимое на тѣла вихрями тонкой матеріи. Что такое теплое тѣло? Тѣло, «состоящее изъ маленькихъ частей, движущихся отдѣльно другъ отъ друга въ очень сильномъ и очень быстромъ движеніи». Что такое свѣтъ? Давленіе, производимое на эфиръ движеніемъ накаленныхъ тѣлъ и мгновенно передающееся на очень большія разстоянія. Всѣ безъ исключенія качества тѣлъ находятъ свое объясненіе въ теоріи, въ которой разсматриваются только геометрическое пространство, различныя фигуры, которыя можно въ немъ намѣтить, и различныя движенія этихъ фигуръ. «Вселенная есть машина, въ которой можно разсматривать только формы и движенія ея частей». Такъ, вся наука о матеріальной природѣ сводится къ своего рода универсальной ариѳметикѣ, откуда категорія качества радикально изгнана.

---

[1]) Descartes, Principia Philosophiae, Pars II, art. IX.

§ V.—Различныя интенсивности одного и того же качества могутъ быть выражены въ числахъ.

Теоретическая физика, какъ мы ее понимаемъ, не въ состоянiи разсмотрѣть позади явленiй, доступныхъ нашему воспрiятiю, дѣйствительныя свойства тѣлъ. Поэтому, она не можетъ также, не переступая законныхъ предѣловъ своихъ методовъ, рѣшить, какова природа этихъ свойствъ, качественная или количественная. Высказывая по этому пункту опредѣленное утвержденiе, картезiанское ученiе обнаруживаетъ притязанiя, на нашъ взглядъ, неосновательныя.

Теоретическая физика не постигаетъ реальности вещей, а она ограничивается только описанiемъ доступныхъ воспрiятiю явленiй при помощи знаковъ или символовъ. Но мы хотимъ, чтобы наша теоретическая физика была физикой математической, поэтому, необходимо, чтобы эти символы были символами алгебраическими, комбинацiями чиселъ. А такъ какъ только величины могутъ быть выражены въ числахъ, то мы не должны вводить въ наши теорiи ни одного понятiя, которое не было бы величиной. Не утверждая, что въ основѣ всѣхъ матерiальныхъ вещей лежитъ только количество, мы ничего кромѣ количественнаго не введемъ въ систему физическихъ законовъ, которую мы построимъ; качеству нѣтъ мѣста въ этой системѣ.

Но вовсе нѣтъ надобности и соглашаться съ этимъ утвержденiемъ. Чисто качественный характеръ какого-нибудь понятiя вовсе не несовмѣстимъ съ тѣмъ, чтобы числа служили для выраженiя различныхъ величинъ его. Одно и то же качество можетъ имѣть безчисленное множество различныхъ степеней интенсивности. Вотъ эти различныя степени интенсивности можно, такъ сказать, котировать, обозначать извѣстными числами, употребляя одно и то же число въ двухъ случаяхъ, въ которыхъ одно и то же качество оказывается одной и той же интенсивности, и большее число тамъ, гдѣ разсматриваемое качество бываетъ болѣе интенсивно.

Существуетъ, напримѣръ, у человѣка такое качество: онъ—математикъ. Допустимъ, что извѣстное число молодыхъ математиковъ держитъ экзаменъ. Экзаменаторъ, который долженъ оцѣнить ихъ знанiя, ставитъ каждому изъ нихъ отмѣтку и тѣмъ, которыхъ онъ считаетъ равно хорошими математиками, онъ ставитъ одну и ту

же отмѣтку, а если онъ одного изъ этихъ двухъ считаетъ лучшимъ математикомъ, то онъ ему ставитъ лучшую отмѣтку.

Вотъ это,—ткани краснаго цвѣта, но различной интенсивности. Купецъ, раскладывая ихъ по полкамъ, отмѣчаетъ ихъ номерами. Каждому номеру соотвѣтствуетъ вполнѣ опредѣленный оттѣнокъ краснаго цвѣта. Болѣе яркому цвѣту соотвѣтствуетъ и большій номеръ.

Передъ нами нагрѣтыя тѣла. Это тѣло столь же тепло, болѣе или менѣе тепло нагрѣто, чѣма то тѣло; это тѣло болѣе тепло или менѣе тепло нагрѣто въ данный моментъ, чѣмъ то тѣло. Каждая частица тѣла, какъ бы она ни была мала, представляется намъ одаренной извѣстнымъ качествомъ, которое мы называемъ теплотой, и интенсивность этого качества не одна и та же въ каждый данный моментъ во всѣхъ частицахъ тѣла; въ каждой точкѣ тѣла она измѣняется отъ момента къ моменту.

Мы могли бы въ нашихъ разсужденіяхъ говорить объ этомъ качествѣ, о теплотѣ, и о различныхъ степеняхъ его интенсивности. Но если мы хотимъ возможно больше пользоваться языкомъ алгебры, то мы, вмѣсто того, чтобы разсматривать именно это качество, теплоту, будемъ разсматривать численный символъ его, температуру.

Температура есть число, приписываемое каждой точкѣ тѣла въ каждый моментъ. Число это связано съ теплотой, существующей въ этотъ моментъ въ этой точкѣ. Двѣ теплоты равной интенсивности соотвѣтствуютъ двумъ температурамъ, численно равнымъ. Если въ одной точкѣ становится болѣе тепло, чѣмъ въ другой, то температура ея есть большее число, чѣмъ температура второй.

Допустимъ теперь, что M, M', M'' суть различныя точки и T, T', T'' суть числа, выражающія температуру. Ариѳметическое равенство $T=T'$ означаетъ въ такомъ случаѣ то же самое, что слѣдующая фраза: въ точкѣ M столь же тепло, какъ въ точкѣ M'. Ариѳметическое неравенство $T>T'$ значитъ то же самое, что слова: въ точкѣ M теплѣе, чѣмъ въ точкѣ M'.

Употребленіе числа, температуры, для выраженія различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества, теплоты, основывается вполнѣ на слѣдующихъ двухъ положеніяхъ:

Если тѣло A столь же тепло, какъ тѣло B, и тѣло B столь же тепло, какъ тѣло C, то тѣло A столь же тепло, какъ тѣло C.

Если тѣло A теплѣе, чѣмъ тѣло B, а тѣло B теплѣе, чѣмъ тѣло C, то тѣло A теплѣе, чѣмъ тѣло C.

Этихъ двухъ положенiй вполнѣ достаточно, чтобы мы могли выразить всѣ возможныя отношенiя между различными степенями интенсивности теплоты знаками =, >, <, какъ мы ими выражаемъ взаимныя отношенiя между числами или взаимныя отношенiя различныхъ величинъ одного и того же количества.

Когда мнѣ говорятъ, что двѣ длины измѣряются числами 5 и 10 и никакихъ другихъ указанiй мнѣ больше не даютъ, то я все же имѣю нѣкоторыя свѣдѣнiя объ этихъ длинахъ: я знаю, что вторая длина больше первой; я знаю даже, что она вдвое больше первой. Эти свѣдѣнiя все же весьма несовершенны: я не могу воспроизвести ни одной изъ этихъ длинъ, ни даже знать, велика ли она или мала.

Но я имѣю вполнѣ достаточныя указанiя, когда кромѣ чиселъ 5 и 10, которыми измѣряются эти двѣ длины, мнѣ говорятъ еще, что эти послѣднiя измѣрены въ метрахъ, и когда мнѣ указываютъ нормальную единицу метра или одну изъ ея копiй. Вотъ тогда я могу, когда мнѣ угодно, воспроизвести обѣ длины.

Такъ и числа, которыми измѣряются величины разнаго рода, только тогда вполнѣ характеризуютъ эти величины, когда намъ конкретно извѣстна единица мѣры.

Нѣсколько математиковъ подверглось экзамену. Мнѣ говорятъ, что они получили отмѣтки 5, 10 и 15. Я имѣю тогда о нихъ извѣстное свѣдѣнiе, позволяющее мнѣ, напримѣръ, классифицировать ихъ. Но этого свѣдѣнiя еще недостаточно: я не могу представить себѣ таланта каждаго изъ нихъ, ибо я не знаю абсолютной величины отмѣтокъ, которыя они получили; я не знаю еще ш к а л ы этихъ отмѣтокъ.

Мнѣ говорятъ, что температуры различныхъ тѣлъ выражаются числами 10, 20 и 100. Я знаю тогда только то, что первое тѣло менѣе тепло нагрѣто, чѣмъ второе, и второе менѣе, чѣмъ третье. Но это первое тѣло тепло или холодно? Можетъ оно растопить ледъ или нѣтъ? Обожжетъ меня третье тѣло? Можно ли его теплотой сварить яйцо? Всего этого я не знаю, покуда мнѣ неизвѣстна т е р м о м е т р и ч е с к а я ш к а л а, къ которой отнесены эти температуры 10, 20, 100, т. е. мнѣ неизвѣстенъ способъ, при помощи котораго я могъ бы осуществить конкретно степени интенсивности теплоты, выраженныя числами 10, 20, 100. Но вотъ мнѣ даютъ градуированную стеклянную трубку со ртутью и говорятъ мнѣ, что температура массы воды должна быть взята равной 10 или 20 или 100, когда при погруженiи въ нее этой трубки ртуть

поднимается до 10-ой или 20-ой или 100-й градуированной линіи. Я тогда знаю все, что мнѣ нужно. Всякій разъ, когда мнѣ скажутъ численную величину какой-нибудь температуры, я смогу получить на самомъ дѣлѣ массу воды этой температуры, разъ у меня будетъ этотъ термометръ, на которомъ я смогу отсчитать ее

Какъ для опредѣленія числа необходимо не одно только абстрактное число, но и число вмѣстѣ съ единицей мѣры, такъ и для опредѣленія интенсивности какого нибудь качества одного численнаго символа недостаточно еще, а сюда нужно прибавить еще указаніе на тотъ конкретный способъ, при помощи котораго можетъ быть создана шкала интенсивностей. Только зная эту шкалу, мы можемъ вложить физическій смыслъ въ алгебраическія правила о числахъ, изображающихъ различныя степени интенсивности изучаемаго качества.

Само собою разумѣется, что въ основѣ шкалы, служащей для опредѣленія различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества, лежитъ извѣстное количественное дѣйствіе, имѣющее это качество своей причиной. Выбираютъ для этого дѣйствіе такъ, чтобы величина его возрастала съ усиленіемъ интенсивности качества, служащаго его причиной. Такъ, ртуть въ стеклянной трубкѣ замѣтно расширяется, если эта трубка окружена теплымъ тѣломъ. Расширеніе это тѣмъ больше, чѣмъ теплѣе тѣло. Предъ нами количественное дѣйствіе, которое даетъ намъ возможность построить термометръ, т. е. построить шкалу температуръ для численнаго обозначенія различныхъ степеней интенсивности теплоты.

Въ области качества понятію сложенія нѣтъ мѣста. Но оно оказывается на лицо, когда изучается количественное дѣйствіе, которое даетъ шкала для характеристики различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества. Складывать различныя степени интенсивности теплоты невозможно, но видимыя расширенія жидкости въ твердомъ сосудѣ складывать можно; можно получать сумму нѣсколькихъ чиселъ, выражающихъ температуры.

Итакъ, если выбрать соотвѣтственную шкалу, то мы можемъ вмѣсто изученія различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества разсматривать числа, подчиненныя правиламъ алгебры. Преимущества, которыя ожидали физики древности отъ подстановки на мѣсто качественнаго свойства, даннаго ихъ чувствамъ, гипотетическаго количества и отъ измѣренія величины этого количества, очень часто могутъ быть получены и безъ ссылки на такое гипотетическое количество, просто выборомъ соотвѣтственной шкалы.

Примѣръ—электрическій разрядъ.

Мы производимъ опыты надъ очень малыми наэлектризованными тѣлами. То, что намъ прежде всего бросается въ глаза, есть нѣчто качественное. Вскорѣ мы однако же замѣчаемъ, что качество это, наэлектризованность, не есть нѣчто простое, а оно можетъ имѣть двѣ прямо противоположныя формы, взаимно уничтожающіяся: электричество можетъ быть смоляннымъ или стекляннымъ.

Каково бы ни было данное электричество, смоляннымъ или стекляннымъ, оно можетъ быть еще болѣе или менѣе сильнымъ, т. е. оно можетъ имѣть различныя степени интенсивности.

Всѣ ученые, внесшіе свою лепту въ созданіе ученія объ электричествѣ, какъ Франклинъ, Эпинусъ, Кулонъ, Лапласъ, Пуассонъ, полагали, что въ физической теоріи качествамъ нѣтъ мѣста, что только количества имѣютъ въ ней право гражданства. Поэтому, разумъ ихъ искалъ позади этого качества, даннаго ихъ чувствамъ, позади наэлектризованнаго состоянія, нѣкоторое количество, количество электричества. Чтобы понять это количество, они представляли себѣ, что каждое изъ двухъ электрическихъ состояній обязано своимъ происхожденіемъ присутствію въ наэлектризованномъ тѣлѣ извѣстной электрической жидкости; интенсивность электрическаго состоянія тѣла они представляли себѣ тѣмъ больше, чѣмъ больше масса содержащейся въ немъ электрической жидкости; величина этой массы давала тогда количество электричества.

Изученіе этого количества играло въ теоріи существенную роль, вытекавшую изъ слѣдующихъ двухъ законовъ:

Алгебраическая сумма количествъ электричества, содержащагося въ группѣ тѣлъ, сумма, въ которой количества стекляннаго электричества обозначены знакомъ +, а количества смолянного электричества отмѣчены знакомъ —, не измѣняется, покуда эта группа тѣлъ не сообщается ни съ какимъ другимъ тѣломъ.

На опредѣленномъ разстояніи два небольшихъ наэлектризованныхъ тѣла отталкиваются съ силой, пропорціональной произведенію содержащихся въ нихъ количествъ электричества.

Прекрасно. Мы можемъ вполнѣ сохранить эти два положенія, и не прибѣгая къ помощи гипотетическихъ и маловѣроятныхъ жидкостей, и не лишая электрическаго состоянія его качественнаго характера, который ему приписываютъ наши непосредственныя наблюденія. Для этого намъ достаточно только выбрать соотвѣтствен-

ную шкалу, къ которой мы могли бы относить интенсивности электрическаго качества.

Возьмемъ небольшое тѣло, заряженное стеклянным электричествомъ. Позаботимся о томъ, чтобы оно осталось неизмѣннымъ и на разстояніи, тоже остающемся разъ навсегда постояннымъ, мы будемъ заставлять дѣйствовать на него каждое изъ тѣхъ маленькихъ тѣлъ, электрическое состояніе котораго мы хотимъ изучить. Каждое изъ этихъ тѣлъ будетъ дѣйствовать на первое наше тѣло съ силой, величину которой мы можемъ измѣрить. Отмѣтимъ, кромѣ того, величину эту знакомъ +, если тѣла будутъ отталкиваться, и знакомъ —, если они будутъ притягиваться. Такимъ образомъ тѣло, заряженное стеклянным электричествомъ, будетъ дѣйствовать на первое наше тѣло съ положительной силой и тѣмъ большей, чѣмъ больше его электрическій зарядъ, а каждое тѣло, заряженное смоляннымъ электричествомъ, будетъ дѣйствовать на него съ силой отрицательной, абсолютная величина которой тѣмъ больше, чѣмъ интенсивнѣе будетъ его электрическій зарядъ.

Вотъ эту силу, элементъ количественный, доступный измѣренію и сложенію, мы и кладемъ въ основу нашей электрометрической шкалы, которая и дастъ намъ различныя положительныя числа для выраженія различныхъ степеней интенсивности стекляннаго электричества и различныя отрицательныя числа для выраженія различныхъ степеней интенсивности смолянного электричества. Вотъ эти числа, показанія, полученныя нами электрометрическими методами, мы, если угодно, можемъ называть количествами электричества; и оба существенныя положенія, формулированныя ученіемъ объ электрическихъ жидкостяхъ, снова получаютъ опредѣленный смыслъ и становятся правильными.

Нѣтъ лучшаго примѣра, способнаго сдѣлать болѣе очевидной слѣдующую истину: для того, чтобы превратить физику въ универсальную ариѳметику, какъ этого пожелалъ Декартъ, вовсе нѣтъ надобности слѣдовать за этимъ великимъ философомъ и отвергать всякое качество, ибо на языкѣ алгебры обсужденіе различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества столь же возможно, какъ и обсужденіе различныхъ величинъ какого-нибудь количества.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Первичныя качества.

---

§ I.—О чрезмѣрномъ размноженіи первичныхъ качествъ.

Изъ нѣдръ физическаго міра, съ которымъ насъ знакомитъ опытъ, выдѣлимъ тѣ свойства, которыя, какъ намъ кажется, должны разсматриваться, какъ первичныя. Эти свойства мы не будемъ пытаться ни объяснять, ни сводить къ другимъ, скрытымъ свойствамъ, а примемъ ихъ такими, какими мы узнаемъ ихъ при помощи нашихъ средствъ наблюденія, будь то въ формѣ количествъ, или въ формѣ качествъ. Мы будемъ разсматривать ихъ, какъ неразложимыя далѣе понятія, какъ элементы, изъ которыхъ мы должны строить наши теоріи. Но этимъ качественнымъ или количественнымъ свойствамъ пусть соотвѣтствуютъ математическіе символы, которые позволятъ намъ пользоваться при обсужденіи ихъ языкомъ алгебры.

Не приведетъ ли этотъ методъ къ тому злоупотребленію, въ которомъ ученые Эпохи Возрожденія столь сурово обвиняли физику схоластическую и которое они столь строго и безповоротно осудили?

Ученые, которымъ мы обязаны физикой современной, не могли простить—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія—философамъ схоластическимъ ихъ отвращенія къ обсужденію законовъ природы на языкѣ математическомъ. «Если мы что либо знаемъ, восклицалъ Гассенди [1]), мы это знаемъ при помощи математики; но объ истинномъ и правильномъ знаніи вещей эти люди и не заботятся! Они занимаются только мелочами!»

Но не это обвиненіе реформаторы физики наиболѣе часто и

---

1) Gassendi: Exercitationes paradoxicae adversus Aristotelicos. Exercitatio I.

съ наибольшей живостью выдвигали противъ ученыхъ схоластической школы. Нѣтъ, то было другое обвиненіе: каждый разъ, когда какое нибудь новое явленіе поражало ихъ взоръ, они открывали новое качество; каждому дѣйствію, котораго они не изучали, не подвергали ни малѣйшему анализу, они приписывали особое свойство; они воображали, что они дали объясненіе тамъ, гдѣ они ограничивались однимъ названіемъ, превративъ такимъ образомъ науку въ какой то жаргонъ, претенціозный и пустой.

«Эта манера философствовать, говорилъ Галилей [1]), очень сходна, мнѣ кажется, съ манерой рисовать, которая была у одного моего друга. Онъ писалъ мѣломъ на полотнѣ: здѣсь фонтанъ съ Діаной и ея нимфами и нѣсколько борзыхъ собакъ, въ углу охотникъ съ оленьими рогами, а далѣе поле, лѣсъ и холмъ; все остальное онъ предоставлялъ художнику дѣлать красками. Такъ, онъ уговорилъ себя, что онъ самъ нарисовалъ исторію Актеона, когда самъ онъ въ сущности далъ для этого лишь названія». Лейбницъ [2]), сравнивалъ методъ въ физикѣ философовъ, вводящихъ при каждомъ случаѣ новыя формы и новыя качества, съ методомъ людей, «которые вмѣсто того, чтобы разсмотрѣть, что такое часы, довольствуются утвержденіемъ, что часы,—это качество, указывающее время,—качество, вытекающее изъ ихъ формы».

Лѣнь ума, находящая удобнымъ довольствоваться словами, интеллектуальная нечестность, находящая выгоднымъ для себя платить и другимъ тѣмъ же,—пороки, довольно распространенные среди людей. Нѣтъ сомнѣнія, что физики схоластической школы, столь поспѣшно готовые приписать формѣ каждаго тѣла всѣ силы, которыхъ требовали ихъ пустыя и случайныя системы, довольно часто и сильно заражены были этими пороками. Но философія, допускающая качественныя свойства, не обладаетъ печальной монополіей на эти пороки. Въ такой же мѣрѣ ихъ можно найти и у противниковъ схоластической школы, гордыхъ тѣмъ, что они все сводятъ къ количеству.

Гассенди, напримѣръ,—убѣжденный атомистъ. Для него всякое чувственное качество есть ничто иное, какъ явленіе. Въ дѣйствительности для него нѣтъ ничего кромѣ атомовъ, ихъ группировокъ и и движеній. Но попросимъ его объяснить, согласно этимъ принципамъ, существенныя физическія качества, поставимъ ему слѣду-

---

[1]) Galilée: Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo. Giornata terza.
[2]) Leibniz: Oeuvres, Edition Gerhardt, t, IV, стр. 434.

ющіе вопросы: что такое вкусъ? что такое запахъ? что такое звукъ? что такое свѣтъ? Что онъ намъ отвѣтитъ?

«Въ самой вещи [1]), которую мы называемъ вкусной, вкусъ заключается, какъ кажется, ни въ чемъ иномъ, какъ только въ частицахъ такой формы, что, проникнувъ на небо или на языкъ, остаются на тканяхъ этихъ органовъ и приводятъ ихъ въ такое движеніе, что они возбуждаютъ ощущеніе, которое мы называемъ вкусомъ».

«Въ дѣйствительности и запахъ заключается, какъ кажется, не въ чемъ иномъ, какъ въ извѣстныхъ частицахъ такой формы, что, когда онѣ улетучиваются и проникаютъ въ носовую полость, то онѣ такъ соотвѣтствуютъ тканямъ этого органа, что возбуждается ощущеніе, которое мы называемъ запахомъ».

«Звукъ заключается, какъ кажется, не въ чемъ иномъ, какъ въ нѣкоторыхъ частицахъ, которыя, будучи сгруппированы извѣстнымъ образомъ, быстро удаляются отъ звучащаго тѣла, проникаютъ въ ухо и вызываютъ ощущеніе, которое мы называемъ звукомъ».

«Свѣтъ въ свѣтящихся тѣлахъ заключается, какъ кажется, не чемъ иномъ, какъ въ весьма тонкихъ частицахъ, сгруппированныхъ такимъ образомъ, что, будучи выпущены свѣтящимся тѣломъ съ необычайной скоростью, они проникаютъ въ органъ зрѣнія, приводятъ его въ движеніе, вызывая ощущеніе, которое мы называемъ зрѣніемъ».

Былъ перипатетикъ, doctus bachelierus, который на вопросъ:

Demandabo causam et rationem quare
Opium facit dormire? [2])
отвѣтилъ: Quia est in eo
Virtus dormitiva
Cujus est natura
Sensus assoupire [3]).

Если бы этотъ бакалавръ отрицалъ Аристотеля и сталъ атомистомъ, Мольеръ, безъ сомнѣнія, встрѣчалъ бы его на фило-

---

[1]) P. Gassendi; Syntagma philosophicum, l. V. cc. IX, X и XI.

[2]) Я спрошу причину и основаніе, почему опій усыпляетъ?

[3]) Потому что есть въ немъ усыпительная способность, природа которой усыплять чувства.

совскихъ собраніяхъ у Гассенди, которыя посѣщалъ этотъ великій писатель.

Впрочемъ, картезіанцамъ не слѣдовало бы слишкомъ уже торжествовать побѣду надъ атомистами и перипатетиками и указывать на смѣшныя стороны ихъ ученій. Вѣдь, одного изъ нихъ имѣлъ въ виду Паскаль, когда онъ писалъ слѣдующее: «есть люди, доходящіе до такого абсурда, что они слово объясняютъ тѣмъ же словомъ. Я знаю людей, которые опредѣляютъ свѣтъ такимъ образомъ: свѣтъ есть свѣтовое движеніе свѣтящихся тѣлъ. Какъ будто бы можно понять слова «свѣтовой» и «свѣтящійся», не понимая слова «свѣтъ» [1]) Намекъ этотъ направленъ противъ Ноэля, сначала учителя Декарта въ collège de La Flèche и впослѣдствіи одного изъ самыхъ ревностныхъ его учениковъ. Въ письмѣ этого послѣдняго о пустотѣ, адресованномъ Паскалю, мы читаемъ слѣдующее мѣсто: «Свѣтъ или скорѣе освѣщеніе есть свѣтовое движеніе лучей, состоящихъ изъ свѣтящихся тѣлецъ, которыя наполняютъ прозрачныя тѣла и получаютъ этотъ свѣтъ только отъ другихъ свѣтящихся тѣлъ».

Кто приписываетъ свѣтъ свѣтящейся силѣ, свѣтящимся тѣльцамъ или свѣтовому движенію, тотъ перипатетикъ, атомистъ или картезіанецъ. Но, если онъ воображаетъ, что онъ прибавилъ что нибудь къ нашимъ знаніямъ свѣта, то это уже человѣкъ неразумный. Во всѣхъ школахъ встрѣчаются мыслители, ошибающіеся, воображающіе, что они наполняютъ флаконъ драгоцѣнной жидкостью, когда они въ дѣйствительности лишь приклеиваютъ къ нему пышную этикетку. Но всѣ физическія ученія, разумно излагаемыя, въ одинъ голосъ осуждаютъ эту иллюзію. Наши старанія будутъ направлены къ тому, чтобы избѣгнуть ее.

§ II.—Первичное качество есть качество, не юридически, а фактически ни къ чему болѣе не сводимое.

Впрочемъ, сами принципы наши предостерегаютъ насъ отъ этого ложнаго взгляда, приписывающаго тѣламъ столько или почти столько различныхъ качествъ, сколько есть различныхъ дѣйствій, подлежащихъ объясненію. Наша задача дать системѣ физическихъ законовъ возможно болѣе простое и болѣе обобщенное описаніе. Мы поставимъ себѣ въ заслугу, если намъ удастся достичь

1) Pascal: De l'èsprit geometrique.

возможно болѣе полной экономіи мышленія. Ясно, поэтому, что для построенія нашей теоріи мы должны пользоваться минимальнымъ числомъ первичныхъ понятій и минимальнымъ числомъ простыхъ качествъ; мы должны доводить до послѣднихъ предѣловъ нашъ методъ анализа, разлагающій сложныя свойства, непосредственно данныя нашимъ чувствамъ, и сводящій ихъ къ небольшому числу свойствъ элементарныхъ.

Какъ же намъ узнать, что нашъ анализъ доведенъ до конца, что качества, къ которымъ онъ привелъ, не могутъ быть въ свою очередь разложены на качества болѣе простыя?

Ученые физики, занимающіеся построеніемъ объяснительныхъ теорій, выводятъ изъ философскихъ предписаній, которымъ они подчиняются, тѣ пробные камни, тѣ реактивы, по которымъ они узнаютъ, проведенъ ли анализъ того или другого свойства до послѣднихъ элементовъ. Атомистъ, напримѣръ, знаетъ, что задача его не рѣшена, покуда онъ не свелъ физическое дѣйствіе къ величинѣ, формѣ и группировкѣ атомовъ и къ законамъ удара. Ученый картезіанской школы питалъ полную увѣренность, что имъ не найдена еще дѣйствительная природа вещей, покуда онъ не находилъ въ качествѣ «протяженность и одно только ея измѣненіе».

Но мы не претендуемъ объяснять свойства тѣлъ, а мы желаемъ только дать имъ обобщенное алгебраическое выраженіе. При построеніи нашихъ теорій мы не ссылаемся ни на какой метафизическій принципъ, а желаемъ создать изъ физики автономную науку. Гдѣ же намъ взять критерій, руководствуясь которымъ мы могли бы объявлять одно качество дѣйствительно простымъ и ни къ чему болѣе не сводимымъ, а другое—наоборотъ, сложнымъ и нуждающимся въ болѣе глубокомъ разложеніи?

Разсматривая какое нибудь свойство, какъ первичное и элементарное, мы этимъ не хотимъ вовсе сказать, что качество это по природѣ своей просто и неразложимо. Мы устанавливаемъ только дѣйствительный фактъ; мы заявляемъ, что всѣ наши усилія свести это качество къ другимъ завершились неудачей, что намъ не удалось его разложить.

Поэтому, всякій разъ когда физикъ будетъ констатировать группу явленій, до тѣхъ поръ не наблюденныхъ еще, когда онъ откроетъ группу законовъ, раскрывающихъ какъ будто нѣкоторое новое свойство, онъ прежде всего постарается узнать, не есть ли это свойство нѣкоторая комбинація качествъ, извѣстныхъ уже и

принятыхъ въ допущенныхъ теоріяхъ, комбинація, о существованіи которой до этихъ поръ не подозрѣвали. Только послѣ того, какъ всѣ усилія его, видоизмѣненныя много разъ, окажутся тщетными, онъ рѣшится разсматривать это свойство, какъ новое, первичное качество и ввести въ свои теоріи новый математическій символъ.

Говоря о своемъ раздуміи и о своей нерѣшительности при первыхъ наблюденіяхъ явленій диссоціаціи, Сентъ-Клеръ Девилль [1]) пишетъ: «Всякій разъ, когда открывается какой нибудь чрезвычайный, исключительный фактъ, то первая работа, можно сказать, первая обязанность человѣка науки приложить всѣ старанія, чтобы подвести этотъ фактъ подъ обычное правило,—операція, часто требующая больше работы и размышленія, чѣмъ само открытіе. Когда это удается, чувствуешь живое удовлетвореніе отъ того, что расширилъ, такъ сказать, область примѣненія физическаго закона, увеличилъ простоту и общность большой классификаціи...».

«Когда же новый фактъ не поддается никакому объясненію или всѣ добросовѣстныя усилія, по крайней мѣрѣ, подвести его подъ какой-нибудь законъ оказываются тщетными, необходимо искать другіе факты ему аналогичные. Когда они оказываются на лицо, необходимо временно сгруппировать ихъ въ одинъ классъ на основаніи созданной теоріи».

Когда Амперъ открылъ механическія дѣйствія между двумя проволоками, изъ которыхъ каждая соединяетъ два полюса электрической батареи, были давно ужъ извѣстны притягивающія и отталкивающія дѣйствія между двумя наэлектризованными кондукторами. Качество, обнаруживающееся въ этихъ притяженіяхъ и отталкиваніяхъ, было подвергнуто анализу и выражено подходящимъ математическимъ символомъ—положительнымъ или отрицательнымъ зарядомъ каждаго матеріальнаго элемента. Пользуясь этимъ символомъ, Пуассонъ построилъ математическую теорію, самымъ удачнымъ образомъ описывающую установленные Кулономъ экспериментальные законы.

Не было ли возможно свести вновь открытые законы къ этому качеству, введеніе котораго въ физику было уже совершившимся фактомъ? Нельзя ли было эти притяженія и отталкиванія между проволоками, каждая изъ которыхъ замыкаетъ цѣпь бата-

[1]) H. Sainte—Claire Deville: Recherches sur la decomposition des corps par la chaleur et la dissociation. (Bibliotheque Universelle, Archives, nouvelle periode, t. IX, стр. 59, 1860).

рея объяснить слѣдующимъ допущеніемъ: извѣстные электрическіе заряды такъ распредѣлены на поверхности этихъ проволокъ или внутри ихъ, что они притягиваются или отталкиваются съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними, согласно основной гипотезѣ, на которой покоится теорія Кулона и Пуассона? Постановка этого вопроса, изслѣдованіе его физиками имѣли полное основаніе. Если бы какой нибудь физикъ рѣшилъ этотъ вопросъ въ утвердительномъ смыслѣ, если бы онъ свелъ законы явленій, наблюденныхъ Амперомъ, къ законамъ электростатики, установленнымъ Кулономъ, онъ оградилъ бы теорію электричества отъ разсмотрѣнія всякаго другого качества, кромѣ электрическаго заряда.

Съ самаго же начала предпринимались съ различныхъ сторонъ попытки свести законы силъ, открытыхъ Амперомъ, къ дѣйствіямъ электростатическимъ. Фарадей скоро положилъ конецъ этимъ попыткамъ, показавъ, что силы эти могутъ вызывать непрерывныя вращательныя движенія. Узнавъ о явленіи, открытомъ великимъ англійскимъ физикомъ, Амперъ тотчасъ же понялъ все великое его значеніе. Явленіе это, сказалъ онъ [1]), «доказываетъ, что дѣйствіе, существующее между двумя кондукторами, не можетъ быть приписано особому распредѣленію извѣстныхъ жидкостей, находящихся въ покоѣ въ этихъ кондукторахъ, какъ мы ему приписываемъ обычныя электрическія притяженія и отталкиванія».—«Дѣйствительно [2]), изъ принципа сохраненія живыхъ силъ, являющагося необходимымъ слѣдствіемъ самихъ законовъ движенія, съ необходимостью вытекаетъ слѣдующее: если элементарныя силы,—въ нашемъ случаѣ притяженія и отталкиванія съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія,—выражены черезъ простыя функціи отъ взаимныхъ разстояній между точками, между которыми эти дѣйствія происходятъ, и если нѣкоторыя части изъ этихъ точекъ неизмѣнно между собою связаны и движутся только подъ дѣйствіемъ этихъ силъ, а другія остаются неподвижными, то первыя не могутъ вернуться къ тому же положенію относительно вторыхъ съ большей скоростью, чѣмъ та, которую они имѣли въ началѣ движенія. Но въ непрерывномъ движеніи, сообщаемомъ подвижному кондуктору дѣйствіемъ кондуктора неподвижнаго, всѣ точки

---

[1]) Ampere: Exposé sommaire des nouvelles experiences electrodynamiques, lu à l'Academie le 8 avril 1822. (Journal de Physique, t. XCIV, стр. 65).

[2]) Ampere: Theorie mathematique des phenomènes electrodynamiques, uniquement deduite de l'experience Ed. Hermann. стр. 96.

перваго возвращаются къ первоначальному положенію со скоростью, съ каждымъ оборотомъ возрастающей. Продолжается это такъ до тѣхъ поръ, покуда треніе и сопротивленіе подкисленной воды, въ которую погруженъ конецъ кондуктора, не кладутъ предѣлъ этому увеличенію скорости вращенія; съ этихъ поръ скорость эта остается постоянной, не смотря на это треніе и сопротивленіе».

«Такимъ образомъ вполнѣ доказано, что невозможно объяснить явленія, вызванныя дѣйствіемъ двухъ кондукторовъ, допущеніемъ, что электрическія частицы, дѣйствіе которыхъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія между ними, распредѣлены на проводящихъ проволокахъ».

Безусловно необходимо различнымъ частямъ электрическаго проводника приписать свойство, не сводимое къ электрическому заряду. Здѣсь необходимо распознать новое первичное качество, существованіе котораго можно выразить, сказавъ, что по проволокѣ течетъ токъ. Электрическій токъ связанъ, повидимому, съ опредѣленнымъ направленіемъ и бываетъ болѣе и менѣе интенсивнымъ! Большей или меньшей интенсивности электрическаго тока можно дать выраженіе, подобравъ подходящую шкалу. Тогда каждой интенсивности соотвѣтствуетъ опредѣленное число, за которымъ сохраняется названіе интенсивности электрическаго тока. Эта интенсивность электрическаго тока, математическій символъ первичнаго качества, дала возможность Амперу развить теорію электродинамическихъ явленій, служащую ко славѣ французской науки не менѣе, чѣмъ работы Ньютона—ко славѣ науки англійской.

Физикъ, заимствующій изъ какого нибудь метафизическаго ученія принципы, на основѣ которыхъ онъ хочетъ развить свои теоріи, заимствуетъ изъ этого же ученія и признаки, по которымъ онъ рѣшаетъ, есть ли данное качество — качество простое или сложное. Эти два слова имѣютъ для него абсолютный смыслъ. Другое дѣло физикъ, строящій свои теоріи совершенно самостоятельно и независимо отъ всякой философской системы: словамъ «простое качество», «первичное свойство» онъ приписываетъ смыслъ вполнѣ относительный, обозначая ими просто свойство, разложеніе котораго на другія качества для него невозможно.

Аналогичному же превращенію подвергся смыслъ приписываемый химиками словамъ: «простое, элементарное тѣло».

Перипатетикъ обозначалъ названіемъ простыхъ тѣлъ только четыре элемента: огонь, воздухъ, воду и землю. Всякое другое тѣло было для него тѣломъ сложнымъ. Покуда разложеніе его

не было доведено до того, чтобы оно распалось на тѣ четыре элемента, которые могли войти въ его составъ, анализъ его не былъ доведенъ до конца. Въ такой же мѣрѣ алхимикъ зналъ, что наука о разложеніяхъ только тогда могла считать послѣднюю цѣль своихъ операцій достигнутой, когда она получала соль, сѣру, ртуть и огнеупорную землю, сочетаніемъ которыхъ, согласно этому ученію, образовывались всѣ смѣси. И алхимикъ и перипатетикъ въ равной мѣрѣ утверждали, что они знаютъ признаки, характеризующіе вполнѣ абсолютнымъ образомъ истинныя элементарныя тѣла.

Школа Лавуазье ввела въ химію совершенно другое понятіе элементарнаго тѣла [1]): элементарное тѣло есть не такое тѣло, которое та или другая философская доктрина объявляетъ неразложимымъ, а только такое тѣло, которое мы не были въ состояніи разложить, тѣло, не поддающееся дальнѣйшему анализу, несмотря на всѣ вспомогательныя средства, имѣющіяся на лицо въ нашихъ лабораторіяхъ.

Произнося слово элементъ, алхимикъ и перипатетикъ съ гордостью утверждали, что они знаютъ дѣйствительную природу веществъ, послужившихъ основой для построенія всѣхъ тѣлъ міра. На устахъ современнаго химика то же самое слово есть выраженіе скромности,—сознанія своего безсилія: этимъ словомъ химикъ признаетъ, что всѣ попытки его разложить данное тѣло оказались безуспѣшными.

Въ награду за эту скромность современная химія добилась чрезвычайно плодотворныхъ результатовъ. Не основательно ли надѣяться, что за подобную же скромность и теоретическая физика будетъ вознаграждена не менѣе плодотворными результатами?

§ III.—Временный характеръ первичнаго качества.

«Мы не можемъ, поэтому, утверждать, говоритъ Лавуазье [2]), что то, что мы въ настоящее время считаемъ простымъ, просто и въ дѣйствительности; все, что мы можемъ сказать, это только то, что такое вещество есть предѣлъ, до котораго доходитъ въ настоящее время химическій анализъ, и при современномъ состоя-

[1]) Читатель, желающій познакомиться съ фазами, черезъ которыя прошло развитіе понятія элементарнаго тѣла, можетъ это сдѣлать по нашей книгѣ: „Le Mixte et la Combinaison chimique. Essai sur l'évolution d'une idée. Paris, 1902, II-e partie, c. I.

[2]) Lavoisier: Traité élémental ede Chimie, troisième edition, t. 1, стр. 194.

нія нашихъ знаній оно далѣе разложено быть не можетъ. Слѣдуетъ предположить, что земли придется вскорѣ перестать относить къ простымъ веществамъ...».

Дѣйствительно, въ 1807 году Гемфри Дэви превратилъ предсказаніе Лавуазье въ доказанную истину, доказавъ, что ѣдкое кали и ѣдкій натръ суть окиси двухъ металловъ, которые онъ назвалъ каліемъ и натріемъ. Съ тѣхъ поръ изъ числа элементовъ было исключено множество тѣлъ, разложеніе которыхъ долгое время не удавалось.

Названіе элемента, которое носятъ нѣкоторыя тѣла, есть названіе временное. Оно существуетъ только до тѣхъ поръ, покуда не оказывается на лицо аналитическій методъ, болѣе остроумный или болѣе дѣйствительный, чѣмъ тотъ, который употреблялся до тѣхъ поръ,—методъ, при помощи котораго намъ удается простыя тѣла разложить на нѣсколько различныхъ тѣлъ.

Такой же временный характеръ носитъ и обозначеніе «первичное качество». Качество, которое мы въ настоящее время не можемъ свести ни къ какому другому физическому свойству, завтра можетъ потерять эту свою независимость. Завтра прогрессъ физики, можетъ быть, раскроетъ въ немъ комбинацію свойствъ, дѣйствія которыхъ, съ виду весьма различныя, мы уже открыли давно.

Изученіе свѣтовыхъ явленій приводитъ насъ къ тому, что мы разсматриваемъ свѣтъ, какъ первичное качество. Этому качеству присуще опредѣленное направленіе. Интенсивность его, далеко непостоянная, періодически измѣняется съ чрезвычайной быстротой, становясь тождественной самой себѣ нѣсколько сотъ триліоновъ разъ въ секунду. Линія, длина которой періодически измѣняется столь часто, даетъ геометрическій символъ, пригодный для изображенія свѣта. Этотъ символъ, свѣтовое колебаніе, даетъ возможность ввести это качество въ область математическихъ изслѣдованій. Свѣтовое колебаніе становится существеннымъ элементомъ, при помощи котораго строится теорія свѣта. Его составляющія служатъ для того, чтобы составить нѣсколько дифференціальныхъ уравненій, нѣсколько предѣльныхъ условій, въ которыхъ въ удивительномъ порядкѣ и съ необычайной краткостью обобщены и классифицированы всѣ законы распространенія свѣта, частичнаго и полнаго отраженія, преломленія и двойного преломленія свѣта.

Съ другой стороны анализъ явленій, наблюдаемыхъ на изоли-

рующихъ веществахъ, какъ, напримѣръ, сѣра, эбонитъ, парафинъ и т. д., въ присутствіи наэлектризованныхъ тѣлъ, заставилъ физиковъ приписывать этимъ діэлектрическимъ тѣламъ опредѣленное свойство. Послѣ того, какъ всѣ попытки свести это свойство къ электрическому заряду оказались безуспѣшными, они вынуждены были разсматривать его, какъ первичное качество, подъ именемъ діэлектрической поляризаціи. Въ каждой точкѣ изолирующаго вещества и въ каждый моментъ поляризація эта имѣетъ не только опредѣленную интенсивность, но и извѣстное направленіе, такъ что отрѣзокъ прямой линіи даетъ намъ математическій символъ, позволяющій намъ обсуждать діэлектрическую поляризацію на языкѣ математики.

Смѣлое расширеніе электродинамики, формулированной Ампеpомъ, дало возможность Максвеллю построить теорію измѣнчиваго состоянія діэлектриковъ. Теорія эта классифицируетъ и обобщаетъ законы всѣхъ явленій, происходящихъ въ изолирующихъ веществахъ, въ которыхъ діэлектрическая поляризація измѣняется отъ момента къ моменту. Всѣ эти законы обобщаются въ небольшое число уравненій, изъ которыхъ одни должны быть вѣрны для каждой точки изолятора, а другіе для каждой точки предѣльной поверхности между двумя различными діэлектриками.

Уравненія, которымъ подчинено свѣтовое колебаніе, были всѣ созданы такъ, какъ будто бы діэлектрическая поляризація вовсе не существовала. Уравненія, которыми опредѣляется діэлектрическая поляризація, были открыты на основѣ теоріи, въ которой свѣтъ даже и не упоминается.

И вотъ между этими уравненіями оказывается удивительное сходство.

Діэлектрическая поляризація, періодически измѣняющаяся, должна удовлетворять уравненіямъ, которыя всѣ похожи на уравненія, опредѣляющія свѣтовое колебаніе.

И не только уравненія эти имѣютъ одну и ту же форму, но даже и коэффиціенты ихъ имѣютъ одну и ту же численную величину. Такъ, если поляризовать какую-нибудь область въ пустотѣ или въ воздухѣ, до того совершенно свободныхъ отъ всякаго электричества, то тамъ развивается электрическая поляризація, которая и распространяется съ извѣстной скоростью. Уравненія Максвелля даютъ возможность опредѣлить эту скорость чисто электрическими методами, ничего общаго съ оптикой не имѣющими. Многочисленныя и вполнѣ согласныя измѣренія опредѣляютъ ве-

личину этой скорости въ 300,000 километровъ въ секунду. Это число въ точности равно скорости свѣта въ воздухѣ и пустотѣ— скорости, установленной четырьмя чисто оптическими методами, одинъ отъ другого совершенно различными.

Изъ этого неожиданнаго совпаденія приходится сдѣлать слѣдующій выводъ: свѣтъ не есть первичное качество; свѣтовое колебаніе есть не что иное, какъ періодически измѣняющаяся діэлектрическая поляризація; электромагнитная теорія свѣта, созданная Максвеллемъ, разложила одно свойство, которое до тѣхъ поръ считалось неразложимымъ; она вывела его изъ другого качества, съ которымъ — такъ казалось въ теченіе многихъ лѣтъ— оно не имѣетъ ничего общаго.

Такъ, развитіе самихъ теорій можетъ заставить физиковъ уменьшить число качествъ, которыя они до тѣхъ поръ разсматривали, какъ первичныя, доказавъ, что два свойства, которыя до тѣхъ поръ разсматривались, какъ различныя, суть нечто иное, какъ двѣ различныя стороны одного и того же свойства.

Слѣдуетъ ли отсюда заключить, что число допущенныхъ въ нашихъ теоріяхъ качествъ со дня на день уменьшается, что матерія, составляющая предметъ нашихъ спекулятивныхъ разсужденій, становится все болѣе и болѣе бѣдной существенными атрибутами и что она стремится къ простотѣ, которую можно было бы сравнить съ простотой матеріи атомистической или матеріи картезіанской? Такое заключеніе было бы, мнѣ думается, слишкомъ смѣлымъ. Само развитіе теоріи можетъ, безъ сомнѣнія, время отъ времени приводить къ сліянію двухъ различныхъ качествъ, какъ это было со свѣтомъ и діэлектрической поляризаціей въ электромагнитной теоріи свѣта. Но съ другой стороны непрерывное развитіе экспериментальной физики часто приводитъ къ открытію новыхъ категорій явленій и для классификаціи этихъ послѣднихъ и построенія законовъ ихъ часто бываетъ необходимо приписать матеріи и новыя свойства.

Итакъ, существуетъ два противоположныхъ теченія: одно стремится упростить матерію, сводя одни качества къ другимъ, а другое стремится усложнить ее открытіемъ новыхъ ея свойствъ. Какому же теченію суждена побѣда? Было бы неразумно пророчествовать на эту тему и на долгій срокъ. Можно сказать, по меньшей мѣрѣ, одно, а именно, что въ нашу эпоху второе теченіе гораздо болѣе сильно, чѣмъ первое, и ведетъ къ все болѣе и болѣе сложному представленію матеріи, все болѣе и болѣе богатой аттрибутами

Впрочемъ, аналогія между первичными качествами физики и элементарными тѣлами химіи обнаруживается еще и здѣсь. Возможно, что наступитъ когда-нибудь день, когда сильными средствами анализа всѣ многочисленныя тѣла, которыя мы въ настоящее время называемъ простыми, будутъ разложены на небольшое число элементовъ. Но у насъ нѣтъ ни одного признака, не то что вѣрнаго, но даже вѣроятнаго, по которому мы могли бы возвѣстить зарю этого будущаго дня. Въ нашу эпоху развитіе химіи сопровождается непрестаннымъ открытіемъ все новыхъ и новыхъ элементарныхъ тѣлъ. Вотъ уже полъ—столѣтія, какъ рѣдкія земли не перестаютъ обогащать и безъ того довольно длинный уже списокъ металловъ. Галій, германій, скандій служатъ доказательствомъ, съ какой гордостью химики вносятъ въ этотъ списокъ имя своей родной страны. Въ воздухѣ, которымъ мы дышемъ, въ этой смѣси азота и кислорода, которая казалась уже извѣстной со времени Лавуазье, открывается цѣлая группа новыхъ газовъ, какъ аргонъ, гелій, ксенонъ, криптонъ. Наконецъ, изученіе новыхъ лучей, которое несомнѣнно заставитъ физику расширить кругъ своихъ первичныхъ качествъ, даетъ химіи неизвѣстныя до тѣхъ поръ тѣла, какъ радій, а, можетъ быть, и полоній и актиній.

Мы очень далеки еще, безъ сомнѣнія, отъ тѣхъ удивительно простыхъ тѣлъ, о которыхъ мечталъ Декартъ, отъ этихъ тѣлъ, которыя можно свести «къ протяженію и однимъ измѣненіямъ его». Химія насчитываетъ собраніе въ сотню тѣлесныхъ матерій, другъ къ другу не сводимыхъ и каждой изъ этихъ матерій физика приписываетъ форму, способную имѣть множество различныхъ качествъ. Каждая изъ этихъ двухъ наукъ стремится по мѣрѣ возможности уменьшить число своихъ элементовъ, сводя одни изъ нихъ къ другимъ, и тѣмъ не менѣе она видитъ, какъ число ихъ по мѣрѣ развитія все болѣе и болѣе возрастаетъ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Математическая дедукція и физическая теорія.

---

§ I.—Приблизительный методъ въ физикѣ и математическая точность.

Приступая къ построенію физической теоріи, необходимо изъ свойствъ, даваемыхъ наблюденіемъ, выбрать тѣ, которыя придется разсматривать, какъ первичныя качества, и выразить ихъ въ алгебраическихъ или геометрическихъ символахъ.

Изученію этой операціи мы и посвятили предыдущія двѣ главы. Когда эта операція закончена, необходимо перейти ко второй: между алгебраическими или геометрическими символами, изображающими первичныя свойства, необходимо установить извѣстныя отношенія, которыя и послужатъ въ качествѣ принциповъ для выводовъ, на основѣ которыхъ будетъ развита теорія.

Такимъ образомъ теперь будетъ вполнѣ умѣстно подвергнуть анализу эту вторую операцію—формулировку гипотезъ.

Но прежде чѣмъ набросать планъ фундамента, на которомъ будетъ построено зданіе, прежде чѣмъ выбрать матеріалы, изъ которыхъ оно будетъ построено, безусловно необходимо знать, каково будетъ это зданіе, каково будетъ давленіе, которое оно будетъ оказывать на фундаментъ. Поэтому, только въ концѣ нашихъ изслѣдованій мы будемъ въ состояніи точно формулировать условія, съ которыми мы должны считаться при выборѣ гипотезъ.

Мы, поэтому, перейдемъ сейчасъ же къ изученію третьей операціи, необходимой для построенія всякой теоріи, къ математическому ея развитію.

Математическій выводъ есть операція промежуточнаго характера. Онъ имѣетъ цѣлью показать намъ, какъ изъ основныхъ гипотезъ теоріи при опредѣленныхъ условіяхъ вытекаютъ такія то

послѣдствія, показать намъ, что, когда бываютъ такіе то и такіе то факты, то наступаетъ такой то опредѣленный фактъ. Такъ, онъ показываетъ намъ, напримѣръ, на основѣ гипотезъ термодинамики, что при опредѣленномъ давленіи кусокъ льда таетъ, когда термометръ показываетъ такой-то опредѣленный градусъ.

Вводитъ ли математическій выводъ непосредственно въ свои вычисленія факты, которые мы называемъ условіями, въ той конкретной формѣ, въ которой мы ихъ наблюдаемъ? Выводитъ ли онъ фактъ, который мы называемъ слѣдствіемъ въ конкретной формѣ, въ которой мы его констатируемъ? Нѣтъ, безъ сомнѣнія. Какой-нибудь компрессоръ, кусокъ льда, термометръ—все это вещи, которыми оперируетъ физикъ въ *своей лабораторіи, но это* не тѣ элементы, къ которымъ могутъ найти примѣненіе алгебраическія вычисленія. Въ этихъ послѣднихъ мы находимъ только комбинаціи чиселъ. Поэтому, для того, чтобы математикъ могъ ввести въ свои формулы конкретныя условія эксперимента, условія эти должны быть превращены при посредствѣ различныхъ мѣръ въ числа, необходимо, напримѣръ, чтобы слова: такое то давленіе—были замѣнены извѣстнымъ числомъ атмосферъ, которое онъ и вводитъ въ свое уравненіе на мѣсто буквы P. Точно также въ концѣ своего вычисленія математикъ получаетъ извѣстное число. Для того, чтобы этому числу соотвѣтствовалъ конкретный и доступный наблюденію фактъ, чтобы опредѣленное показаніе термометра, напримѣръ, соотвѣтствовало извѣстному численному выраженію, которое онъ обозначилъ буквой T въ своемъ алгебраическомъ уравненіи, ему необходимо опять прибѣгнуть къ помощи извѣстныхъ методовъ измѣренія.

Такимъ образомъ и вначалѣ и въ концѣ математическое развитіе какой-нибудь теоріи можетъ быть связано съ доступными наблюденію фактами только при посредствѣ нѣкотораго промежуточнаго члена. Чтобы ввести въ вычисленія условія какого-нибудь эксперимента, необходимъ нѣкоторый промежуточный членъ, при помощи котораго языкъ конкретнаго наблюденія могъ бы быть переведенъ на языкъ чиселъ. Для того, чтобы результатъ, который предсказываетъ теорія для какого-нибудь опредѣленнаго эксперимента, могъ быть констатированъ на дѣлѣ, необходимо опредѣленную численную величину при помощи нѣкотораго промежуточнаго члена перевести въ показаніе, сформулированное на языкѣ эксперимента. Методы измѣренія—вотъ тотъ промежуточный членъ, при помощи котораго совершается этотъ переводъ съ языка экспери-

мента на языкъ чиселъ и обратно, о чемъ мы говорили уже выше.

Но кто переводитъ, тотъ искажаетъ: traduttore, traditore. Нѣтъ никогда полнаго и точнаго совпаденія между двумя текстами, изъ которыхъ одинъ есть переводъ съ другого. Между конкретными фактами, какъ ихъ наблюдаетъ физикъ, и численными символами, которыми эти факты представлены въ вычисленіяхъ теоретика, различіе весьма велико. Ниже мы будемъ имѣть случай подвергнуть это различіе анализу и охарактеризовать главные его признаки. Здѣсь же мы остановимъ наше вниманіе только на одномъ изъ этихъ признаковъ.

Разсмотримъ прежде всего то, что я хотѣлъ бы назвать теоретическимъ фактомъ, т. е. ту группу математическихъ данныхъ, которыми конкретный фактъ замѣняется въ разсужденіяхъ и вычисленіяхъ теоретика. Возьмемъ, напримѣръ, слѣдующій фактъ: температура такимъ-то и такимъ-то образомъ распредѣлена въ такомъ-то тѣлѣ.

Въ теоретическомъ фактѣ подобнаго рода нѣтъ ничего неопредѣленнаго, ничего неустановленнаго. Все здѣсь установлено самымъ точнымъ образомъ. Тѣло, подлежащее изученію, опредѣлено геометрически. Его грани суть истинныя линіи безъ толщины, его точки—истинныя точки, лишенныя всѣхъ измѣреній. Различныя длины и различные углы, опредѣляющіе его форму, точно установлены. Каждой точкѣ этого тѣла соотвѣтствуетъ опредѣленная температура и эта температура есть для каждой точки число, точно отличимое отъ всякаго другого числа.

Съ этимъ теоретическимъ фактомъ сопоставимъ фактъ практическій, переводомъ съ котораго онъ является. Здѣсь о точности, которую мы констатировали тамъ, и помину нѣтъ. Это уже не геометрическое тѣло, а конкретный кусокъ. Какъ ни остры его грани, каждая изъ нихъ не есть уже геометрическое сѣченіе двухъ поверхностей, а край тѣла, болѣе или менѣе закругленный, болѣе или менѣе зубчатый. Крайнія точки его болѣе или менѣе широки и притуплены. Термометръ показываетъ намъ уже не температуру въ каждой данной точкѣ, а нѣчто вродѣ средней температуры въ опредѣленномъ объемѣ, дѣйствительные размѣры котораго не могутъ быть даже установлены очень точно. Кромѣ того, мы вовсе не можемъ утверждать, что эта температура должна быть выражена именно такимъ то опредѣленнымъ числомъ и никакимъ другимъ. Такъ, мы не можемъ заявить, что температура эта есть

какъ разъ 10°, а мы можемъ только утверждать, что разность между этой температурой и температурой въ 10° не превышаетъ извѣстной доли градуса, зависящей отъ точности нашихъ термометрическихъ методовъ.

Такимъ образомъ, контуры изображенія проведены всегда точно и опредѣленно, а контуры самого объекта расплывчаты, смутны и неопредѣленны. Невозможно описать практическій фактъ, не ослабляя слишкомъ большую округленность всякаго положенія прибавленіемъ слова «приблизительно». Напротивъ того, всѣ элементы, образующіе теоретическій фактъ, находятъ свое опредѣленіе съ самой строгой точностью.

Отсюда вытекаетъ слѣдующее: безчисленное множество теоретическихъ фактовъ, между собою различныхъ, можетъ служить выраженіемъ одного и того же факта практическаго.

Когда мы выражаемъ, например, теоретическій фактъ, говоря, что такая-то линія имѣетъ длину 1 см. или 0,999 см. или 0,993 см. или 1,002 см. или 1,003 см., то мы высказываемъ положенія, которыя для математика по существу своему различны. Но мы ничего не измѣняемъ въ фактѣ практическомъ, выраженіемъ котораго является теоретическій фактъ, если наши средства измѣренія даютъ намъ возможность измѣрять длины, не меньше одной десятой миллиметра. Когда мы говоримъ, что температура какого-нибудь тѣла есть 10° или 9,99° или 10,01°, то мы формулируемъ три теоретическихъ факта, между собою несовмѣстимыхъ. Но эти три несовмѣстимыхъ между собой теоретическихъ факта соотвѣтствуютъ все одному и тому же факту практическому, если точность нашего термометра не достигаетъ и одной пятидесятой доли градуса.

Итакъ, практическому факту соотвѣтствуетъ не одинъ только теоретическій фактъ, а какъ бы цѣлый пучекъ такихъ фактовъ, между собой различныхъ. Каждый изъ этихъ математическихъ элементовъ, совокупность которыхъ образуетъ одинъ изъ этихъ фактовъ, можетъ быть для каждаго факта различнымъ, но измѣненія, которыя можетъ испытать каждый изъ этихъ элементовъ, не могутъ выходить за извѣстный предѣлъ. Предѣлъ этотъ есть предѣлъ ошибки, которой можетъ сопровождаться измѣреніе этого элемента. Чѣмъ совершеннѣе методы измѣренія, чѣмъ большее приближеніе они допускаютъ, тѣмъ тѣснѣе этотъ предѣлъ. Но онъ никогда не можетъ исчезнуть совсѣмъ.

§ II.—Математическіе выводы, примѣнимые и непримѣнимые въ физикѣ.

Приведенныя замѣчанія довольно просты. Они столь знакомы физику, что они почти банальны. При всемъ томъ они имѣютъ въ высшей степени важное значеніе для математическаго развитія физической теоріи.

Когда численныя данныя какого-нибудь вычисленія точно установлены, то, какъ бы это послѣднее ни было сложно, мы всегда можемъ получить точную численную величину результата. Съ измѣненіемъ величины тѣхъ или другихъ данныхъ измѣняется въ общемъ и результатъ. Слѣдовательно, если мы точно выразили условія какого-нибудь эксперимента въ теоретическомъ фактѣ, то математическій выводъ выразитъ результатъ, который долженъ дать этотъ экспериментъ, черезъ другой теоретическій фактъ. Съ измѣненіемъ теоретическаго факта, выражающаго условія эксперимента, измѣняется и теоретическій фактъ, выражающій результатъ. Если въ формулѣ, напримѣръ, выведенной изъ термодинамическихъ гипотезъ и устанавливающей связь между точкой таянія льда и давленіемъ, замѣнимъ букву P, изображающую давленіе, какимъ-нибудь извѣстнымъ числомъ, то мы сможемъ также узнать число, которое мы должны подставить вмѣсто буквы T, символа температуры таянія льда. Если мы измѣнимъ численную величину давленія, то мы измѣнимъ также численную величину точки таянія льда.

Итакъ, какъ мы видѣли въ § I, если условія какого-нибудь эксперимента даны конкретнымъ образомъ, ихъ невозможно выразить черезъ теоретическій фактъ, вполнѣ опредѣленный, а имъ соотвѣтствуетъ цѣлый пучекъ безчисленнаго множества теоретическихъ фактовъ. Поэтому, вычисленія теоретика предсказываютъ результатъ эксперимента не въ видѣ одного единственнаго теоретическаго факта, а въ формѣ безконечнаго множества различныхъ теоретическихъ фактовъ.

Чтобы выразить, напримѣръ, условія нашего опыта съ таяніемъ льда черезъ теоретическій фактъ, мы не можемъ подставить подъ символъ давленія P одну только численную величину, десять атмосферъ, напримѣръ. Если предѣлъ ошибки нашего манометра измѣряется одной десятой атмосферы, то мы должны допустить, что символу P соотвѣтствуютъ всѣ величины отъ 9,95 до 10,05 ат-

мосферъ. Каждой изъ этихъ величинъ давленія будетъ соотвѣтствовать, согласно нашей формулѣ, другая величина точки таянія льда.

Такимъ образомъ, условія какого-нибудь эксперимента, данныя въ конкретной формѣ, могутъ быть выражены черезъ цѣлый пучекъ теоретическихъ фактовъ. Между этимъ первымъ пучкомъ теоретическихъ фактовъ математическій выводъ теоріи устанавливаетъ соотвѣтствіе со вторымъ пучкомъ такихъ фактовъ, въ которыхъ долженъ быть выраженъ результатъ эксперимента.

Этими послѣдними теоретическими фактами мы не можемъ пользоваться въ той формѣ, въ которой мы ихъ получаемъ. Мы должны ихъ перевести на языкъ практическихъ фактовъ, ибо только тогда мы дѣйствительно будемъ знать результатъ нашего эксперимента, данный теоріей. Такъ, напримѣръ, мы не можемъ остановиться въ нашемъ изслѣдованіи, когда мы вывели изъ нашей термодинамической формулы всѣ различныя численныя величины буквы T. Мы должны разсмотрѣть еще, какимъ показаніямъ, доступнымъ наблюденію въ дѣйствительности—показаніямъ, которыя могутъ быть отсчитаны на градуированной шкалѣ нашего термометра, соотвѣтствуютъ тѣ данныя.

Что-же, собственно говоря, мы получимъ, когда мы совершимъ этотъ новый переводъ, обратный тому, который мы разсмотрѣли выше, переводъ фактовъ теоретическихъ на языкъ практическихъ фактовъ?

Случается и такъ, что пучекъ безчисленнаго множества теоретическихъ фактовъ, которымъ математическій выводъ выражаетъ результатъ нашего эксперимента, послѣ перевода его на языкъ фактовъ практическихъ даетъ не много различныхъ такихъ фактовъ, а одинъ только. Случается, напримѣръ, и такъ, что двѣ численныя величины, найденныя для буквы T, различаются между собой не болѣе, чѣмъ на одну сотую долю градуса и что сотая доля градуса есть вмѣстѣ съ тѣмъ и предѣлъ чувствительности нашего термометра. Въ этомъ случаѣ всѣ различныя теоретическія значенія T практически соотвѣтствуютъ одной и той же величинѣ, отсчитанной на шкалѣ термометра.

Въ случаѣ подобнаго рода математическій выводъ достигъ своей цѣли. На основаніи гипотезъ, лежащихъ въ основѣ нашихъ теорій, мы можемъ тогда утверждать, что этотъ экспериментъ, выполненный при такихъ-то практически данныхъ условіяхъ, долженъ дать такой-то конкретный и доступный наблюденію ре-

зультатъ. Здѣсь математическій выводъ даетъ намъ возможность сравненія между выводами изъ теоріи и фактами.

Но не всегда оно такъ бываетъ. Математическій выводъ даетъ намъ безконечное множество теоретическихъ фактовъ, какъ возможныя послѣдствія нашего эксперимента. При переводѣ этихъ теоретическихъ фактовъ на языкъ фактовъ конкретныхъ случается, что мы получаемъ не одинъ только, а нѣсколько практическихъ фактовъ, въ виду данной чувствительности нашихъ инструментовъ между собой различныхъ. Случается, напримѣръ, что различныя численныя значенія, данныя нашей термодинамической формулой для точки таянія льда, обнаруживають между собой различіе, достигающее одной десятой доли или даже одного цѣлаго градуса, между тѣмъ какъ предѣлъ чувствительности нашего термометра равенъ одной сотой доли градуса. Въ этомъ случаѣ математическій выводъ становится безполезнымъ: условія практически даннаго эксперимента не даютъ намъ болѣе возможности практически опредѣленнымъ образомъ указать доступный наблюденію результатъ.

Отсюда ясно, что математическій выводъ, сдѣланный изъ гипотезъ, лежащихъ въ основѣ теорій, можетъ быть полезнымъ или безплоднымъ, смотря по тому, можно ли на основѣ практически данныхъ условій эксперимента высказать практически опредѣленное сужденіе о результатѣ или нѣтъ.

Эта оцѣнка полезности математическаго вывода не всегда бываетъ абсолютной. Она зависитъ отъ степени чувствительности нашихъ аппаратовъ, служащихъ для наблюденія результата опыта. Допустимъ, напримѣръ, что практически данному давленію соотвѣтствуетъ, согласно нашей термодинамической формулѣ, цѣлая совокупность точекъ таянія льда. Существующее между двумя изъ этихъ точекъ различіе иногда превышаетъ одну сотую долю градуса, но никогда не достигаетъ одной десятой. Математическій выводъ, давшій эту формулу, окажется тогда полезнымъ для физика, на термометрѣ котораго могутъ быть отсчитаны только десятыя доли градуса, но безполезнымъ для физика, на инструментѣ котораго можетъ быть съ точностью отсчитана и одна сотая доля. Отсюда ясно, въ какой мѣрѣ сужденіе о полезности того или другого математическаго вывода должно измѣняться отъ эпохи къ эпохѣ, отъ одной лабораторіи къ другой, отъ одного физика къ другому, въ зависимости отъ ловкости конструкторовъ, отъ совер-

шенства инструментовъ и отъ примѣненія, которое мы хотимъ дать результатамъ нашихъ опытовъ.

Оцѣнка эта можетъ еще зависѣть также отъ чувствительности методовъ измѣренія, служащихъ для того, чтобы выразить практически данныя условія эксперимента въ числахъ.

Возьмемъ, напримѣръ, формулу термодинамики, которую мы неоднократно приводили уже въ примѣръ. Мы обладаемъ термометромъ, на которомъ можно съ точностью отмѣтить различіе температуры въ одну сотую градуса. Для того, чтобы наша формула давала намъ точку таянія льда при опредѣленномъ давленіи съ точностью, практически достаточной, необходимо и достаточно, чтобы она давала намъ численное значеніе буквы T съ точностью до одной сотой градуса.

Когда же мы пользуемся грубымъ манометромъ, могущимъ отмѣтить два давленія, различіе между которыми достигаетъ не менѣе десяти атмосферъ, можетъ случиться, чтобы давленіе, практически данное, соотвѣтствовало въ нашей формулѣ точкамъ таянія льда, различающимся между собою болѣе, чѣмъ на одну сотую долю градуса. Но если бы мы опредѣляли давленіе болѣе чувствительнымъ манометромъ, съ точностью отмѣчающимъ два давленія, различающіяся между собою не болѣе, чѣмъ на одну атмосферу, то изъ формулы нашей мы получили бы соотвѣтствующую данному давленію точку таянія льда, которую мы могли бы опредѣлить съ большимъ приближеніемъ, чѣмъ до одной сотой доли градуса. Наша формула была бы безполезна для физика, который пользовался бы первымъ манометромъ, и полезна для физика, который пользовался бы вторымъ манометромъ.

§ III.—Примѣръ математическаго вывода, никогда не примѣнимаго.

Въ томъ случаѣ, который мы привели въ качествѣ примѣра, мы усилили точность методовъ измѣренія, служившихъ для перевода практически данныхъ условій эксперимента на языкъ теоретическихъ фактовъ. Этимъ мы все болѣе и болѣе уменьшали пучекъ теоретическихъ фактовъ, соотвѣтствовавшихъ, согласно этому переводу, одному факту практическому. Тѣмъ самымъ уменьшался, вмѣстѣ съ тѣмъ, и пучекъ теоретическихъ фактовъ, въ которыхъ нашъ математическій выводъ выражалъ результатъ эксперимента. Онъ сталъ такъ малъ, что наши методы измѣренія

могли установить для него одинъ только соотвѣтствующій ему практическій фактъ, и въ этотъ моментъ нашъ математическій выводъ сталъ примѣнимымъ и полезнымъ.

Похоже на то, что это всегда такъ должно быть. Если принимаютъ, какъ данный, одинъ только теоретическій фактъ, то математическій выводъ устанавливаетъ также одинъ только соотвѣтствующій ему теоретическій фактъ. Отсюда естественно вытекаетъ слѣдующее: пучекъ теоретическихъ фактовъ, который желательно получить въ качествѣ результата, можетъ быть сдѣланъ при помощи математическаго вывода на сколько угодно тонкимъ, если пучекъ теоретическихъ фактовъ, выражающій то, что дано, сдѣлать достаточно тонкимъ.

Будь это мнѣніе правильно, математическій выводъ, сдѣланный изъ гипотезъ, на которыхъ покоится физическая теорія, могъ бы всегда быть непримѣнимымъ только относительно и временно. Какъ бы ни были совершенны методы для измѣренія результатовъ какого-нибудь опыта, можно ихъ сдѣлать такими, чтобы изъ практически опредѣленныхъ условій нашъ математическій выводъ получалъ одинъ только практическій результатъ, сдѣлавъ для этого достаточно точными вспомогательные пріемы, служащіе для выраженія условія этого эксперимента въ числахъ. Выводъ, сегодня безполезный, станетъ полезнымъ въ тотъ день, когда будетъ значительно усилена чувствительность инструментовъ, служащихъ для опредѣленія условія опыта.

Современный математикъ очень остерегается такой мнимой очевидности, которая слишкомъ часто лишь вводитъ въ заблужденіе. То, на что мы хотимъ сослаться, можно разсматривать лишь какъ идеальный случай. Можно же привести случаи, въ которыхъ эта будто бы очевидность оказывается въ явномъ противорѣчіи съ истиной. Такого рода дедукція устанавливаетъ для одного только теоретическаго факта, взятаго какъ нѣчто данное, одинъ только соотвѣтствующій ему теоретическій фактъ въ качествѣ результата. Если то, что дано, есть пучекъ теоретическихъ фактовъ, то результатъ есть другой пучекъ теоретическихъ фактовъ. Но если первый пучекъ можно *сжимать до безконечности*, дѣлать его возможно болѣе тонкимъ, то второй пучекъ нельзя сжимать сколько угодно. Если первый пучекъ безконечно тонокъ, то нити, образующія второй пучекъ все же расходятся и отдѣляются другъ отъ друга и взаимное разстояніе между ними можетъ быть уменьшено только до извѣстнаго предѣла. Такой математическій выводъ без-

полезенъ для физики и всегда такимъ останется. Какъ бы ни были точны инструменты, при помощи которыхъ условія опыта переводятся на языкъ чиселъ, всегда этотъ выводъ дастъ для практически опредѣленныхъ условій эксперимента безчисленное множество практически различныхъ соотвѣтствующихъ имъ результатовъ. Здѣсь предсказаніе того, что должно случиться при данныхъ условіяхъ—дѣло невозможное.

Очень хорошій примѣръ такого вывода, всегда безполезнаго, представляютъ изысканія Гадамара. Мы заимствуемъ его изъ наиболѣе простыхъ проблемъ, составляющихъ предметъ изслѣдованія наименѣе сложной изъ физическихъ теорій, именно механики.

Матеріальная масса скользитъ вдоль нѣкоторой поверхности. На нее не дѣйствуетъ никакая тяжесть, никакая сила; нѣтъ также никакого тренія, которое измѣняло бы ея движеніе. Если поверхность, на которой она должна оставаться, есть плоскость, то она описываетъ съ равномѣрной скоростью прямую линію. Если эта поверхность есть шаръ, то она описываетъ—тоже съ равномѣрной скоростью—нѣкоторую дугу большого круга. Если наша матеріальная точка движется по какой-нибудь произвольной поверхности, то она описываетъ линію, которую наши математики называютъ геодезической линіей данной поверхности. Разъ дано первоначальное положеніе нашей матеріальной точки и направленіе первоначальной скорости ея, геодезическая линія, которая должна быть описана, вполнѣ опредѣлена.

Изслѣдованія Гадамара [1]) касались спеціально геодезическихъ линій многократно пересѣкающихся плоскостей противоположной кривизны, представляющихъ безконечныя поверхности. Мы не будемъ здѣсь останавливаться на геометрическомъ опредѣленіи такихъ поверхностей, а ограничимся однимъ только примѣромъ.

Представимъ себѣ лобъ быка съ возвышеніями, отъ которыхъ отходятъ рога и уши, какъ и углубленіе между этими возвышеніями. Представимъ себѣ эти рога и уши удлиненными до безконечности и мы будемъ имѣть одну изъ интересующихъ насъ здѣсь поверхностей.

На такой поверхности геодезическія линіи могутъ имѣть довольно различный видъ.

---

[1]) J. Hadamard: Les surfaces á courbures opposées et leurs lignes géodesiques. (Journal de Mathematiques pures et appliquees, 5e serie, t. IV, стр. 27; 1898).

Прежде всего мы здѣсь имѣемъ линіи, замкнутыя въ себѣ. Есть и такія, которыя, не возвращаясь точно къ исходной своей точкѣ, никогда все же отъ нея не удаляются до безконечности. Однѣ изъ нихъ обвиваются безпрерывно вокругъ праваго рога, другія—вокругъ лѣваго или также вокругъ праваго или лѣваго уха. Еще другія, гораздо болѣе сложныя, описываютъ извилины, которыя они образовываютъ вокругъ одного изъ роговъ, съ опредѣленной правильностью смѣняясь другими, описывающими такія же извилины вокругъ другого рога или одного изъ ушей. Наконецъ, есть еще и такія линіи, которыя уходятъ въ безконечность вдоль праваго рога, другія вдоль лѣваго рога, третьи вдоль праваго и четвертыя вдоль лѣваго уха.

Несмотря на всю эту сложность, геодезическая линія, описываемая матеріальной точкой въ своемъ движеніи, дана намъ съ полной опредѣленностью, разъ только извѣстно начальное положеніе этой точки на лбу у быка и направленіе начальной скорости. Въ частности съ полной точностью извѣстно должна ли эта движущаяся точка оставаться всегда на конечномъ разстояніи или она должна удалиться въ безконечность.

Другое дѣло, когда начальныя условія даны не математически, а практически. Пусть начальное положеніе нашей матеріальной точки есть не опредѣленная точка на поверхности, а какая-то точка внутри небольшого пятна. Пусть направленіе начальной скорости не есть вполнѣ опредѣленная прямая линія, а одна какая-то изъ прямыхъ линій, образующихъ пучекъ, сѣченіе котораго есть небольшое пятно. Нашимъ начальнымъ условіямъ, практически опредѣленнымъ, будетъ тогда соотвѣтствовать съ точки зрѣнія математика безграничное множество различныхъ начальныхъ условій.

Представимъ себѣ, что нѣкоторыя изъ этихъ геометрическихъ данныхъ соотвѣтствуютъ нѣкоторой геодезической линіи, которая не удаляется въ безконечность, которая обвивается, напримѣръ, безпрерывно вокругъ праваго рога. Геометрія позволяетъ намъ въ такомъ случаѣ утверждать слѣдующее: среди безчисленнаго множества математическихъ данныхъ, соотвѣтствующихъ однимъ и тѣмъ же практическимъ даннымъ, есть такія, которыя опредѣляютъ геодезическую линію, удаляющуюся отъ начальной своей точки въ безконечность; сдѣлавъ извѣстное число оборотовъ вокругъ праваго рога, эта геодезическая линія удалится въ безконечность, надъ правымъ ли рогомъ или надъ лѣвымъ, надъ правымъ или надъ лѣвымъ ухомъ. Болѣе того: несмотря на тѣсныя границы, въ ко-

торыхъ сжаты геометрическія данныя, соотвѣтствующія нашимъ практическимъ даннымъ, можно эти геометрическія данныя всегда выбрать такимъ образомъ, чтобы геодезическая линія удалялась въ безконечность надъ *той изъ безконечныхъ* поверхностей, которая была выбрана заранѣе.

Можно произвольно увеличить точность, съ которой опредѣлены практическія данныя, можно уменьшить пятно, въ которомъ находится первоначальное положеніе матеріальной точки, можно сжать пучекъ, въ которомъ находится направленіе начальной скорости все же никогда не удастся геодезическую линію, остающуюся на конечномъ разстояніи, безпрерывно вращаясь вокругъ праваго рога выдѣлить изъ пучка невѣрныхъ подругъ ея, которыя, сдѣлавъ тоже нѣсколько оборотовъ вокругъ того же рога, удаляются въ безконечность. Эта большая точность въ установленіи первоначальныхъ данныхъ можетъ дать одинъ только результатъ: она можетъ заставить эти геодезическія линіи сдѣлать большее число оборотовъ вокругъ праваго рога, прежде чѣмъ удалиться въ безконечность. Но совершенно устранить эту безконечную вѣтвь не удается никогда

Поэтому, если матеріальная точка движется вдоль изучаемой поверхности изъ геометрически даннаго положенія и со скоростью геометрически данной, то математическій выводъ можетъ опредѣлить траэкторію этой точки и установить, есть ли эта траэкторія безконечная линія или нѣтъ. Но для физика этотъ выводъ всегда безполезенъ. Когда же начальныя данныя не опредѣлены математически, а при помощи физическихъ методовъ, какъ бы они ни были точны, поставленный вопросъ остается безъ отвѣта и всегда таковымъ останется.

§ IV.—Приблизительный методъ въ математикѣ.

Примѣръ, который мы подвергли анализу, данъ намъ, какъ мы говорили, одной изъ наиболѣе простыхъ проблемъ, составляющихъ предметъ изученія механики, т. е. наименѣе сложной изъ физическихъ теорій. Эта крайняя простота дала возможность Гадамару проникнуть въ изученіе проблемы достаточно глубоко, чтобы показать съ достаточной ясностью абсолютную, никогда непоправимую безполезность для физики извѣстныхъ математическихъ выводовъ. Но не встрѣтилось ли бы это обманчивое заключеніе во многихъ другихъ проблемахъ, болѣе сложныхъ, если бы удалось рѣшеніе ихъ подвергнуть достаточному анализу? Отвѣтъ на этотъ вопросъ почти

не подлежитъ сомнѣнію. Прогрессъ математическихъ наукъ намъ доказываетъ, безъ всякаго сомнѣнія, что есть множество проблемъ, вполнѣ опредѣленныхъ для математика, но теряющихъ всякій смыслъ для физика.

Возьмемъ одну изъ такихъ проблемъ [1]), весьма извѣстную и родственную той, которую изслѣдовалъ Гадамаръ.

При изученіи движеній звѣздъ, образующихъ солнечную систему, математики замѣняютъ солнце, большія и маленькія планеты и спутниковъ матеріальными точками. Они принимаютъ, что каждая пара этихъ точекъ притягивается съ силой, пропорціональной произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними. Изученіе движеній такой системы есть проблема гораздо болѣе сложная, чѣмъ та, которой мы занимались на предыдущихъ страницахъ. Проблема эта извѣстна въ наукѣ подъ именемъ проблемы *n* тѣлъ. Даже когда число взаимно дѣйствующихъ другъ на друга тѣлъ доведено до трехъ, проблема трехъ тѣлъ остается еще для математиковъ страшной загадкой.

Тѣмъ не менѣе если въ какой-нибудь данный моментъ извѣстны съ математической точностью положеніе и скорость каждой изъ звѣздъ, образующихъ систему, то можно утверждать, что съ этого момента каждая звѣзда будетъ описывать вполнѣ опредѣленную траекторію. Затрудненія, мѣшающія дѣйствительному опредѣленію этой траекторіи, тѣмъ самымъ далеко еще не устранены. Во всякомъ случаѣ можно допустить, что настанетъ когда-нибудь день, когда затрудненія эти будутъ устранены.

На этомъ основаніи математикъ можетъ задаться слѣдующимъ вопросомъ: если положенія и скорости звѣздъ, составляющихъ солнечную систему, останутся такими же, каковы они теперь, то будутъ ли эти звѣзды и впредь продолжать свое вращательное движеніе вокругъ солнца? Не произойдетъ ли, напротивъ, такая вещь, что одна изъ этихъ звѣздъ отдѣлится отъ своихъ подругъ, чтобы удалиться въ безконечность? Этотъ вопросъ образуетъ проблему устойчивости солнечной системы. Лапласъ полагалъ, что онъ рѣшилъ эту проблему, но только стараніями современныхъ математиковъ и въ особенности Пуанкаре обнаружена была вся чрезвычайная трудность ея рѣшенія.

Для математика проблема устойчивости солнечной системы имѣетъ, безъ сомнѣнія, опредѣленный смыслъ, потому что и началь-

---

[1]) J. Hadamard, loc. cit. стр. 71.

ныя положенія звѣздъ и начальныя ихъ скорости суть для него элементы, данные съ математической точностью. Для астронома же элементы эти опредѣляются только методами физическими. Методы эти влекутъ за собою ошибки, которыя съ улучшеніемъ инструментовъ и методовъ наблюденія мало по малу будутъ уменьшаться, но никогда не будутъ сведены къ нулю. Можетъ, поэтому, случиться, чтобы для астронома проблема устойчивости солнечной системы потеряла всякій смыслъ. Практическія указанія, которыя онъ даетъ математику, представляютъ для этого послѣдняго безчисленное множество теоретическихъ данныхъ, граничащихъ, правда, другъ съ другомъ, но тѣмъ не менѣе различныхъ. Возможно, что среди этихъ указаній окажутся такія, по которымъ всѣ звѣзды вѣчно должны оставаться на конечномъ разстояніи, но, можетъ быть, окажутся и такія, по которымъ нѣкоторыя изъ этихъ небесныхъ тѣлъ должны удалиться въ безконечность. Если бы здѣсь обнаружилось обстоятельство, аналогичное тому, съ которымъ мы познакомились въ проблемѣ Гадамара, то для физика всякій математическій выводъ относительно устойчивости солнечной системы оказался бы выводомъ никогда непримѣнимымъ.

Просматривая многочисленные и трудные выводы механики неба и математической физики, трудно удержаться отъ мысли, что многимъ изъ этихъ выводовъ суждено, можетъ быть, остаться навсегда безплодными.

Дѣйствительно, математическій выводъ теряетъ для физика всякое значеніе, покуда онъ ограничивается утвержденіемъ, что если это положеніе строго правильно, то отсюда вытекаетъ строгая правильность всякаго другого положенія. Для того, чтобы этотъ выводъ оказался полезнымъ и для физика, онъ долженъ также доказать, что второе положеніе остается приблизительно правильнымъ, если лишь приблизительно вѣрно первое. Но и этого еще не достаточно. Онъ долженъ ограничить объемъ этихъ двухъ приближеній. Онъ долженъ установить предѣлы ошибокъ результата, опредѣляющіеся знаніемъ степени точности методовъ, послужившихъ для измѣренія его данныхъ. Необходимо опредѣлить степень ненадежности, которую можно разрѣшить этимъ даннымъ, разъ хотятъ знать результатъ съ опредѣленнымъ приближеніемъ.

Таковы тѣ строгія условія, въ которыя нужно поставить математическій выводъ, если хотятъ перевести на этотъ языкъ съ абсолютной точностью безъ всякихъ ошибокъ языкъ физика. Ибо выраженія этого послѣдняго языка неопредѣленны и неточны,

какъ воспріятія, которыя должны быть на немъ выражены, и таковыми навсегда останутся. При этихъ условіяхъ и только при нихъ можно получить математическое выраженіе нѣкотораго приближительнаго выраженія.

Но не слѣдуетъ на этотъ счетъ обманываться. Эта приближительная математика не есть математика болѣе простая и болѣе грубая, а, напротивъ того, болѣе полная, болѣе развитая форма ея. Она требуетъ рѣшенія порой весьма трудныхъ проблемъ, выходящихъ порой даже за предѣлы методовъ современной алгебры.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Физическій опытъ [1])

---

§ I.—Физическій экспериментъ не есть только наблюденіе какого-нибудь явленія, а онъ есть еще теоретическое истолкованіе его.

Цѣль всякой физической теоріи—описаніе экспериментально данныхъ законовъ. Слова «истина», «достовѣрность» имѣютъ въ отношеніи такой теоріи одно только значеніе: они выражаютъ согласіе выводовъ изъ теоріи съ закономѣрностями, установленными наблюдателями. Мы не можемъ, поэтому, двинуться далѣе въ критикѣ физической теоріи, прежде чѣмъ мы не подвергнемъ точному анализу природу установленныхъ экспериментаторами законовъ, прежде чѣмъ мы не отмѣтимъ съ точностью степень ихъ достовѣрности. Кромѣ того, физическій законъ есть только обобщеніе безчисленнаго множества экспериментовъ, произведенныхъ или могущихъ быть произведенными. Мы приходимъ, поэтому, естественно къ слѣдующему вопросу: что собственно такое физическій экспериментъ?

Нѣтъ сомнѣнія, что найдется не мало читателей, которыхъ

---

1) Настоящая глава, какъ и двѣ слѣдующія, посвящены анализу экспериментальныхъ методовъ, которыми и пользуется физикъ. По этому поводу мы просимъ у читателя разрѣшенія установить нѣкоторыя данныя. Мы первые формулировали, какъ кажется, этотъ анализъ въ статьѣ подъ заглавіемъ Quelques réflexions au sujet de la Physique expérimentale (Revue des Questions scientifiques, deuxième série, III, 1894). G. Milhaud излагалъ нѣкоторыя изъ этихъ идей въ своихъ лекціяхъ отъ 1895-96 г. Вслѣдъ затѣмъ онъ обнародовалъ, сославшись, правда, на насъ, резюме своихъ лекцій подъ заглавіемъ: La Science rationnelle (Revue de Metaphysique et de Morale, 1896 стр. 290.—Le Rationnel, Paris. 1898). Тотъ же анализъ экспериментальнаго метода мы находимъ у Эдуарда Ле-Руа во второй главѣ его сочиненія

самый вопросъ этотъ приведетъ въ изумленіе. Стоитъ ли его ставить и развѣ не очевиденъ отвѣтъ на него? Вызвать физическое явленіе при условіяхъ, доступныхъ точному и тщательному наблюденію при помощи соотвѣтственныхъ инструментовъ—не эту ли операцію имѣетъ въ виду весь міръ, когда онъ говоритъ объ «осуществленія физическаго эксперимента»?

Войдите въ эту лабораторію. Подойдите къ этому столу, на которомъ установлено множество аппаратовъ. Здѣсь и гальваническая батарея, и мѣдныя проволоки, обвитыя шелкомъ, и стклянки, наполненныя ртутью, и катушки и желѣзная палочка съ зеркальцемъ. Наблюдатель вставляетъ въ маленькія отверстія металлическое остріе штепселя, головка котораго сдѣлана изъ эбонита. Желѣзная палочка приходитъ въ колебательное движеніе и отъ зеркальца, съ ней соединеннаго, отбрасывается на масштабъ изъ целлюлойда свѣтящаяся полоска, движеніе которой наблюдаетъ экспериментаторъ. Нѣтъ сомнѣнія: предъ нами произведенъ экспериментъ При посредствѣ колебательныхъ движеній этого свѣтящагося пятна физикъ точно наблюдаетъ колебанія желѣзной палочки. Спросите его, что онъ дѣлаетъ. Полагаете ли вы, что онъ скажетъ: «я изучаю колебательное движеніе желѣзной палочки, соединенной съ зеркальцемъ»? Нѣтъ, этого отвѣта вы отъ него не получите. Онъ отвѣтитъ вамъ, что онъ измѣряетъ электрическое сопротивленіе катушки. Вы придете въ изумленіе и спросите его, что значатъ его слова и какое отношеніе существуетъ между ними и явленіями, которыя онъ сейчасъ констатировалъ вмѣстѣ съ нами. Онъ отвѣтитъ вамъ, что для того, чтобы отвѣтить на вашъ вопросъ, необходимы слишкомъ длинныя объясненія. Пожалуй, посовѣтуетъ вамъ пройти курсъ электричества.

Дѣйствительно, предъ вами былъ произведенъ физическій экспериментъ. Подобно всякому эксперименту въ физикѣ, онъ рас-

---

Science et Philosophie (Revue de Metaphysique et de Morale, 7-e annee, 1899, стр. 503) и въ другомъ его сочиненіи подъ заглавіемъ La Science positive et les philosophies de la libertè (Congres international de Philosophie tenu a Paris en 1909. Bibliotheque du Congres. 1 Philosophie generale et Metaphysique, стр. 313). Анологическую же доктрину мы находимъ у Вильбуа въ его статьѣ: La methode des Sciences physiques (Revue de Methaphysique et de Morale. 7-e annee 1899, стр. 579). Изъ этого анализа употребляемыхъ въ физикѣ экспериментальныхъ методовъ нѣкоторые изъ цитированныхъ нами авторовъ дѣлаютъ подчасъ выводы, выходящіе за предѣлы физика Что касается насъ. то мы за ними не послѣдуемъ, а будемъ оставаться въ предѣлахъ физической науки.

падается на двѣ части. Первую часть составляетъ наблюденіе извѣстныхъ фактовъ. Чтобы дѣлать это наблюденіе, достаточно быть внимательнымъ и имѣть чувства, способныя воспринимать. Знаніе физики для этого совсѣмъ не нужно; директоръ лабораторіи можетъ здѣсь уступать слугѣ, который ему прислуживаетъ. Вторую часть составляетъ толкованіе наблюденныхъ фактовъ. Для этой части опытнаго глаза и напряженнаго вниманія не достаточно. Здѣсь необходимо знать общепринятыя теоріи, необходимо умѣть ихъ примѣнять, необходимо быть физикомъ. Всякій, имѣющій здоровые глаза, можетъ наблюдать движеніе свѣтлаго пятна на прозрачномъ масштабѣ, видѣть, движется ли оно направо или налѣво, останавливается ли оно въ томъ или въ другомъ мѣстѣ; для этого вовсе не нужно быть великимъ ученымъ. Но если онъ не знаетъ электродинамики, закончить экспериментъ ему не удастся: онъ не опредѣлитъ сопротивленія катушки.

Возьмемъ другой примѣръ. Ренье изучаетъ сжимаемость газовъ. Онъ беретъ извѣстное количество газа, замкнутое въ стеклянной трубкѣ, и, поддерживая постоянную температуру, измѣряетъ давленіе, которому подвергается газъ, и объемъ, который онъ занимаетъ. Вотъ, скажутъ, строго точное наблюденіе извѣстныхъ явленій, извѣстныхъ фактовъ. Конечно, подъ руками и на глазахъ Ренье, подъ руками и на глазахъ его помощниковъ произошли конкретные факты—въ этомъ нѣтъ сомнѣнія. Но заключается ли то, что внесъ Ренье въ дѣло развитія физики, въ описаніи этихъ фактовъ? Нѣтъ. Ренье видѣлъ въ визирномъ приборѣ, какъ изображеніе извѣстной поверхности ртути соприкасается съ извѣстной чертой. Но развѣ это онъ записалъ въ отчетъ о своихъ изслѣдованіяхъ? Нѣтъ, онъ записалъ, что газъ занимаетъ такой-то объемъ. Одинъ изъ его помощниковъ приподнималъ и опускалъ трубку катетометра до тѣхъ поръ, покуда изображеніе другого уровня ртути не коснулось опредѣленной нити волостного перекрестка. Затѣмъ онъ наблюдалъ положеніе извѣстныхъ линій на масштабѣ и на ноніусѣ катетометра. Но развѣ это мы находимъ въ запискахъ Ренье? Нѣтъ, мы здѣсь читаемъ, каково давленіе, произведенное на газъ. Другой помощникъ наблюдалъ на термометрѣ, какъ уровень жидкости въ немъ передвигался отъ одной линіи къ другой. Но развѣ это онъ записалъ? Нѣтъ, мы здѣсь находимъ, что температура газа измѣнялась отъ такого-то до такого-то градуса.

Но что такое величина объема, который занималъ газъ, что такое величина давленія, которому онъ подвергался, что такое

градусъ температуры его? Развѣ это конкретные объекты? Нѣтъ это три абстрактныхъ символа, которые одни связываютъ физическую теорію съ наблюденными въ дѣйствительности фактами.

Чтобы образовать первую изъ этихъ абстракцій, величину занятаго газомъ объема, и привести ее въ связь съ наблюденнымъ фактомъ, т. е. съ соприкосновеніемъ поверхности ртути съ извѣстной линіей, было необходимо градуировать стеклянную трубку, т. е. воспользоваться не только абстрактными понятіями ариѳметики и геометріи, абстрактными принципами, на которыхъ покоятся эти науки, но и абстрактнымъ понятіемъ массы, гипотезами общей механики и механики неба, въ оправданіе примѣненія вѣсовъ для сравненія массъ. Необходимо было знать удѣльный вѣсъ ртути при температурѣ, при которой произведено было градуированіе, для чего необходимо было знать этотъ удѣльный вѣсъ при 0° Всего этого невозможно было бы сдѣлать, не зная законовъ гидростатики. Необходимо было знать законъ расширенія ртути, опредѣляемый съ помощью аппарата, въ которомъ находитъ примѣненіе увеличительное стекло, а слѣдовательно, необходимо было знать нѣкоторые законы оптики. Такимъ образомъ для образованія этого абстрактнаго понятія—объема, занятаго газомъ,—необходимо было знать не мало главъ физики.

Гораздо сложнѣе еще, гораздо тѣснѣе связано съ самыми основными теоріями физики исторія развитія другой абстрактной идеи—величины давленія, которому газъ подвергается. Для того, чтобы получить ее, чтобы можно было использовать ее, необходимо было оперировать столь тонкими, столь трудно опредѣлимыми понятіями, какъ понятія давленія и силы сцѣпленія. Необходимо было прибѣгнуть къ помощи формулы барометрическаго уровня, данной Лапласомъ и выведенной изъ законовъ гидростатики, необходимо было принять во вниманіе законъ сжимаемости ртути, опредѣленіе котораго связано съ наиболѣе трудными и вызвавшими не мало споровъ вопросами теоріи упругости.

Такимъ образомъ Реньо, когда производилъ свой опытъ, имѣлъ передъ глазами факты, онъ наблюдалъ явленія. Но то, что онъ сообщаетъ намъ о своемъ опытѣ, это не отчетъ о наблюденныхъ фактахъ, а это абстрактные символы, которые онъ съ помощью принятыхъ теорій подставилъ вмѣсто полученныхъ имъ конкретныхъ показаній.

То, что сдѣлалъ Реньо, долженъ по необходимости сдѣлать всякій физикъ—экспериментаторъ. На этомъ основаніи мы можемъ

высказать слѣдующій принципъ, выводы изъ котораго нами будутъ развиты на слѣдующихъ страницахъ:

Физическій экспериментъ есть точное наблюденіе группы явленій, связанное съ истолкованіемъ этихъ явленій. Это истолкованіе замѣняетъ конкретныя данныя, дѣйствительно полученныя наблюденіемъ, абстрактными и символическими описаніями, соотвѣтствующими этимъ даннымъ на основаніи допущенныхъ наблюдателемъ теорій.

§ II.—Результатъ физическаго эксперимента есть абстрактное и символическое сужденіе.

Мы выяснили признаки, устанавливающіе рѣзкую грань между физическимъ экспериментомъ и обыкновеннымъ опытомъ, вводя въ первый въ видѣ существеннаго его элемента теоретическое истолкованіе, котораго во второмъ быть не можетъ. Эти же признаки характеризуютъ вмѣстѣ съ тѣмъ и результаты, которые являются цѣлью стремленій въ томъ и другомъ случаѣ.

Результатъ обыкновеннаго эксперимента есть констатированіе отношенія существующаго между различными конкретными фактами. Одинъ какой-нибудь опредѣленный фактъ, искусственно вызванный, породилъ другой. Вы обезглавили, напримѣръ, лягушку и укололи булавкой лѣвую лапу ея. Правая лапка пришла въ движеніе, обнаруживъ попытку удалить булавку. Вотъ результатъ физіологическаго эксперимента. Это—отчетъ о конкретныхъ фактахъ Чтобы понять его, вовсе нѣтъ необходимости знать физіологію.

Совсѣмъ не то результатъ операцій, которыми занимается физикъ-экспериментаторъ. Это совсѣмъ не констатированіе группы конкретныхъ фактовъ, а это—выраженіе сужденія, устанавливающаго извѣстную взаимную связь между нѣкоторыми абстрактными, символическими понятіями, соотвѣтствіе между которыми и наблюденными въ дѣйствительности фактами устанавливается исключительно теоріями. Эта истина очевидна для всякаго мыслящаго человѣка Откройте какую угодно работу по экспериментальной физикѣ и прочтите выводы, къ которымъ приходитъ авторъ. Это вовсе не чистое и простое описаніе извѣстныхъ явленій. Нѣтъ, это абстрактныя выраженія, въ которыя вы не вложите никакого смысла, если вы

не знаете физическихъ теорій, на которыхъ основывается авторъ. Вы прочтете здѣсь, напримѣръ, что электродвижущая сила такого то столба газа возрастаетъ на столько то вольтовъ, когда давленіе возрастаетъ на столько то атмосферъ. Что же означаетъ это положеніе? Вы не вложите въ него никакого смысла, если не знаете самыхъ различныхъ, самыхъ важныхъ теорій физики. Мы сказали уже выше, что давленіе есть количественный символъ, введенный раціональной механикой, и одинъ изъ наиболѣе тонкихъ символовъ, которыми пользуется эта наука. Чтобы понять значеніе термина «электродвижущая сила», необходимо знать электрокинетическую теорію, созданную Омомъ и Кирхгоффомъ. Вольтъ есть единица электродвижущей силы въ системѣ практическихъ электромагнитныхъ единицъ. Опредѣленіе этой единицы выводится изъ уравненій электромагнитизма и индукціи, созданныхъ Ампеуомъ, Нейманномъ и Веберомъ. Ни одно изъ словъ, служащихъ для выраженія результата такого опыта, не выражаетъ прямо объекта видимаго и осязаемаго, а каждое изъ нихъ имѣетъ абстрактный и символическій смыслъ. Этотъ смыслъ связанъ съ конкретными реальностями лишь при посредствѣ теоретическихъ промежуточныхъ звеньевъ, многочисленныхъ и сложныхъ.

Остановимся еще немного на этихъ замѣчаніяхъ, столь важныхъ для яснаго пониманія физики и тѣмъ не менѣе столь часто не встрѣчающихъ признанія.

Человѣку, мало знакомому съ физикой и для котораго подобное заявленіе остается мертвой буквой, можетъ показаться, что положеніе, подобное приведенному выше, есть не болѣе, какъ изложеніе наблюденныхъ экспериментаторомъ фактовъ въ техническихъ терминахъ, непонятныхъ для профана, но вполнѣ ясныхъ для посвященныхъ. Само собою разумѣется, что такое мнѣніе есть заблужденіе.

Я нахожусь на парусномъ суднѣ и слышу слѣдующую команду офицера, стоящаго на вахтѣ: Au bras et boulines partout, brassez!

Не будучи знакомъ съ морскимъ дѣломъ, я этихъ словъ не понимаю. Но я вижу, что матросы бѣгутъ на заранѣе опредѣленныя мѣста, схватываются за опредѣленные канаты и въ тактъ тянутъ ихъ. Слова, сказанныя офицеромъ, служатъ для нихъ обозначеніемъ конкретныхъ и вполнѣ опредѣленныхъ объектовъ, пробуждая въ ихъ умѣ мысль объ извѣстномъ маневрѣ, который они должны выполнить. Вотъ что значитъ для посвященнаго техническое выраженіе.

Совсѣмъ другое дѣло языкъ физика. Допустимъ, что физикъ слышитъ слѣдующее положеніе: съ увеличеніемъ давленія на столько то и столько то атмосферъ электродвижущая сила элемента увеличивается на столько то и столько то вольтовъ. Вѣрно, правда, то, что человѣкъ посвященный, знакомый съ теоріями физики, сумѣетъ перевести это выраженіе на языкъ фактовъ, сумѣетъ осуществить опытъ, результатъ котораго именно такъ выраженъ. Но—и это въ высшей степени важно—онъ сумѣетъ осуществить его безконечно многими и различными способами. Онъ сможетъ вызвать давленіе, наливая ртуть въ стеклянную трубку, поднимая вверхъ резервуаръ, наполненный жидкостью, приводя въ движеніе гидравлическій прессъ или вдвигая поршень въ наполненный водой сосудъ. Онъ сможетъ измѣрить это давленіе съ помощью манометра, наполненнаго обыкновеннымъ или сжатымъ воздухомъ, или, наконецъ, при помощи металлическаго манометра. Для опредѣленія измѣненія электродвижущей силы онъ сможетъ воспользоваться послѣдовательно всѣми извѣстными типами электрометровъ, гальванометровъ, электродинамометровъ и вольтаметровъ. Каждое новое расположеніе аппаратовъ позволитъ ему констатировать новые факты. Онъ сможетъ воспользоваться такими аппаратами и такимъ расположеніемъ ихъ, о которыхъ авторъ опыта, впервые поставившій его, и не подозрѣвалъ, и наблюдать явленія, которыхъ тому никогда не доводилось наблюдать. И, однако, всѣ эти манипуляціи—столь различныя, что профанъ не замѣтитъ между ними ни малѣйшей аналогіи—въ дѣйствительности не различные эксперименты. Нѣтъ, это только различныя формы одного и того же эксперимента. Факты, дѣйствительно созданные, были не похожи другъ на друга, какъ только возможно, и, однако, констатированіе этихъ фактовъ находитъ свое выраженіе все въ одномъ и томъ же положеніи: съ увеличеніемъ давленія на столько-то атмосферъ электродвижущая сила такого-то элемента возрастаетъ на-столько то вольтовъ.

Отсюда ясно, что языкъ, на которомъ физикъ выражаетъ результаты своихъ экспериментовъ, не есть языкъ техническій, на подобіе тому, которымъ пользуются различныя искусства и ремесла. Онъ сходенъ съ техническимъ языкомъ въ томъ отношеніи, что посвященный можетъ переводить его на языкъ фактовъ. Отличается же онъ отъ него тѣмъ, что въ положенія, высказанномъ на техническомъ языкѣ, говорится объ опредѣленной операціи, которая должна быть произведена надъ конкретными и вполнѣ опредѣленными объектами, между тѣмъ какъ положеніе, выраженное на

языкѣ физическомъ, можетъ быть переведено на языкъ фактовъ безчисленнымъ множествомъ различныхъ способовъ.

Противъ тѣхъ, которые вмѣстѣ съ Ле-Руа настаивали на существенную роль, которую играетъ при изложеніи какого-нибудь экспериментальнаго факта теоретическое истолкованіе, Пуанкарэ [1]) выдвинулъ то самое мнѣніе, которое мы здѣсь оспариваемъ. По его мнѣнію, физическая теорія есть лишь словарь, при помощи котораго можно переводить конкретные факты на установленный съ общаго согласія простой и удобный языкъ. «Научный фактъ, говоритъ онъ [2]), есть лишь грубый фактъ, переведенный на удобный языкъ». И далѣе [3]): «все, что ученый создаетъ въ какомъ нибудь фактѣ, это языкъ, на которомъ онъ его выражаетъ».

«Я наблюдаю гальванометръ [4]). Если я спрошу вошедшаго только что посѣтителя, не свѣдущаго въ электричествѣ, течетъ ли токъ, онъ будетъ смотрѣть на проволоку и искать на ней вещь, которая двигалась бы. Но если я съ тѣмъ же вопросомъ обращусь къ моему помощнику, который понимаетъ мой языкъ, онъ будетъ знать, что это значитъ: движется ли свѣтящееся пятно, отбрасываемое зеркаломъ гальванометра на прозрачный масштабъ, и онъ посмотритъ на этотъ масштабъ».

«Какая же разница между выраженіемъ грубаго и голаго факта и выраженіемъ факта научнаго? Та же разница, какая существуетъ между выраженіемъ грубаго и голаго факта на французскомъ языкѣ и на нѣмецкомъ. Выраженіе научнаго факта есть переводъ выраженія грубаго факта на языкъ, отличающійся отъ обыкновеннаго французскаго или нѣмецкаго языка тѣмъ, что имъ пользуется значительно меньшее число лицъ».

Но это не вѣрно, будто слова: «токъ течетъ» есть лишь особый, основанный на общемъ соглашеніи, способъ выраженія того факта, что магнитъ этого гальванометра отклоненъ. Въ дѣйствительности на мой вопросъ: «течетъ ли токъ»? мой помощникъ могъ бы отвѣтить и слѣдующее: «токъ течетъ, но магнитъ не отклоненъ; въ гальванометрѣ что-то неладно». Почему же онъ утверждаетъ, что токъ течетъ, несмотря на то, что показаніе гальванометра отсутствуетъ? Потому что онъ констатировалъ, что поднимаются пузырьки газа

---

[1]) H. Poincaré: Sur la valeur objective des théories physiques (Revue de Métaphysique et de Morale, 10-e année 1902, стр. 263).

[2]) H. Poincaré: Loc cit., стр. 272.

[3]) H. Poincaré: Loc. cit., стр. 273.

[4]) H. Poincaré: Loc. cit., стр. 270.

въ вольтаметрѣ, включенномъ въ ту же цѣпь, что и гальванометръ, или что свѣтится электрическая лампочка, включенная въ ту же цѣпь, или что нагрѣлась катушка, на которую намотана та же проволока, которая включена въ цѣпь, или что въ случаѣ разрыва цѣпи—появляется искра. И на основаніи установленныхъ теорій каждый изъ этихъ фактовъ долженъ быть переведенъ—и имъ также—какъ отклоненіе стрѣлки въ гальванометрѣ—слѣдующими словами: «токъ течетъ». Отсюда ясно, что это сочетаніе словъ не есть выраженіе извѣстнаго конкретнаго факта на какомъ-нибудь языкѣ техническомъ или условномъ. Нѣтъ, это символическая формула, лишенная всякаго смысла для того, кто не знакомъ съ физическими теоріями, но человѣкомъ знакомымъ съ этими теоріями могущая быть переведенной на языкъ конкретныхъ фактовъ безчисленнымъ множествомъ различныхъ способовъ, потому что всѣ эти различные факты допускаютъ одно и то же теоретическое истолкованіе.

Пуанкарэ извѣстно [1]), что можно выдвинуть это возраженіе противъ ученія, которое онъ защищаетъ. Посмотримъ, какъ онъ его излагаетъ [2]) и какъ онъ на него отвѣчаетъ:

«Но не будемъ слишкомъ спѣшить. Для измѣренія тока я могу воспользоваться множествомъ гальванометровъ различныхъ типовъ или еще электродинамометромъ. И когда я послѣ этого говорю: въ этой цѣпи течетъ токъ въ столько-то амперъ, то это означаетъ слѣдующее: если я включу въ эту цѣпь такой-то гальванометръ, я увижу свѣтящееся пятно на дѣленіи *a*. Но это означаетъ также слѣдующее: если я включу въ эту цѣпь такой-то электродинамометръ, я увижу это пятно на дѣленіи *b*. И это можетъ означать еще многое другое, потому что присутствіе тока можетъ проявиться не только въ эффектахъ механическихъ, но и въ химическихъ, термическихъ, свѣтовыхъ и т. д. дѣйствіяхъ».

«И вотъ передъ нами выраженіе, которое соотвѣтствуетъ большому числу голыхъ фактовъ абсолютно различныхъ. Почему же оно такъ? Потому что я допускаю законъ, согласно которому всякій

---

[1]) Въ этомъ нѣтъ, впрочемъ, ничего удивительнаго, если сообразить, что приведенныя разсужденія нами были обнародованы почти въ тѣхъ же выраженіяхъ въ 1894 году, между тѣмъ какъ статья Пуанкарэ появилась въ 1902 году. Сравнивъ наши двѣ статьи, не трудно убѣдиться, что Пуанкарэ нападаетъ здѣсь на нашу точку зрѣнія въ такой же мѣрѣ, какъ на точку зрѣнія Ле-Руа.

[2]) Loc. cit., стр. 270.

разъ когда бываетъ такой-то механическій эффектъ, бываетъ также такой то эффектъ химическій. Очень много прежнихъ опытовъ убѣдили меня въ томъ, что этотъ законъ вѣренъ и тогда мнѣ стало ясно, что я могу объединить въ одномъ и томъ же положеніи два столь различныхъ факта».

Такимъ образомъ въ словахъ: «чрезъ эту проволоку течетъ токъ въ столько то амперъ», Пуанкарэ видитъ выраженіе не единичнаго какого-нибудь факта, а безчисленнаго множества фактовъ и при томъ на основаніи постоянныхъ отношеній между различными экспериментально установленными законами. Но развѣ эти отношенія не то самое именно, что весь міръ называетъ теоріей электрическаго тока? Именно на основѣ этой теоріи можно объединить въ словахъ: «въ этой проволокѣ течетъ токъ въ столько-то амперъ» такое множество различныхъ значеній. Такимъ образомъ задача ученаго не ограничивается созданіемъ яснаго и сжатаго языка для выраженія конкретныхъ фактовъ, а скорѣе нарожденіе такого языка предполагаетъ развитіе физической теоріи.

Между абстрактнымъ символомъ и конкретнымъ фактомъ можетъ существовать извѣстная связь, но никогда полное равенство. Абстрактный символъ не можетъ быть адэкватнымъ описаніемъ конкретнаго факта; конкретный фактъ никогда не можетъ быть строго точнымъ воплощеніемъ абстрактнаго символа. Абстрактная символическая формула, въ которой физикъ выражаетъ конкретные факты, констатированные имъ въ теченіе опыта, никогда не можетъ быть точнымъ эквивалентомъ, строго вѣрнымъ воспроизведеніемъ того, что онъ констатировалъ.

Эта разница между практическимъ фактомъ, дѣйствительно наблюденнымъ, и теоретическимъ фактомъ, т. е. символической и абстрактной формулой, высказанной физикомъ, обнаруживается для насъ въ томъ, что конкретные факты весьма различные, могутъ смѣшиваться, когда они истолкованы теоріей, составлять одинъ только опытъ и находить выраженіе въ одномъ только символическомъ положеніи: одному и тому же теоретическому факту можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество практическихъ фактовъ.

Та же разница обнаруживается передъ нами и въ другомъ еще выводѣ: одному и тому же практическому факту можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество теоретическихъ фактовъ, логически между собой непримиримыхъ. Одной и той же группѣ конкретныхъ фак-

товъ можетъ соотвѣтствовать въ общемъ не только одно лишь символическое сужденіе, но безчисленное множество различныхъ сужденій, логически противорѣчащихъ другъ другу.

Экспериментаторъ сдѣлалъ извѣстныя наблюденія и выразилъ ихъ въ слѣдующемъ положеніи: съ увеличеніемъ давленія на сто атмосферъ электродвижущая сила даннаго столба газа возрастаетъ на 0,0845 вольта. Съ тѣмъ же правомъ онъ могъ бы сказать, что то же самое увеличеніе давленія влечетъ за собой увеличеніе электродвижущей силы на 0,0844 вольта или на 0,0846 вольта. Какъ эти различныя показанія могутъ быть эквивалентными для физика? Вѣдь, для математика они противорѣчили бы другъ другу; если какое нибудь число есть 845, то оно не есть ни 844 ни 846.

Когда физикъ заявляетъ, что эти три сужденія въ его глазахъ тождественны, то онъ хочетъ этимъ выразить слѣдующее: принявъ уменьшеніе электродвижущей силы равнымъ 0,0845 вольта, онъ вычисляетъ на основаніи признаваемыхъ имъ теорій отклоненіе стрѣлки гальванометра, когда черезъ него будетъ пропущенъ токъ, данный этимъ столбомъ газа. Именно это послѣднее явленіе онъ *можетъ наблюдать при помощи своихъ чувствъ*. Онъ находитъ, что отклоненіе это будетъ имѣть извѣстную величину. Если онъ повторяетъ тѣ же вычисленія, исходя изъ допущенія, что эта электродвижущая сила уменьшается на 0,0844 или на 0,0846 вольта, то онъ находитъ другія величины для отклоненія стрѣлки. Но эти три отклоненія, полученныя такъ вычисленіемъ, слишкомъ мало между собой различаются, чтобы это можно было замѣтить, и только по этой причинѣ физикъ не видитъ никакой разницы между этими тремя величинами уменьшенія электродвижущей силы, между тѣмъ какъ математикъ увидѣлъ бы здѣсь три величины совершенно различныя.

Между теоретическимъ фактомъ, строго точнымъ, и фактомъ практическимъ съ его расплывчатыми и неопредѣленными контурами, какъ все, что дано нашимъ чувствамъ, не можетъ быть адекватнаго отношенія. Вотъ почему одинъ и тотъ же практическій фактъ можетъ соотвѣтствовать безчисленному множеству фактовъ теоретическихъ. Мы достаточно остановились на этомъ различіи и его послѣдствіяхъ въ предыдущей главѣ и въ настоящей главѣ намъ нѣтъ надобности возвращаться къ нему.

Итакъ, одинъ теоретическій фактъ можетъ соотвѣтствовать безчисленному множеству различныхъ практическихъ фактовъ и одинъ практическій фактъ соотвѣтствуетъ безчисленному множеству не-

примиримыхъ между собой фактовъ теоретическихъ. Это двойное соотношеніе ярко освѣщаетъ предъ нами слѣдующую истину, которую мы хотѣли выяснить: между явленіями, дѣйствительно установленными во время эксперимента, и результатомъ этого эксперимента, формулированнымъ физикомъ, необходимо включить еще звено—весьма сложную интеллектуальную работу, которая на мѣсто отчета о конкретныхъ фактахъ ставитъ абстрактное и символическое сужденіе.

§ III.—Только теоретическое истолкованіе явленій дѣлаетъ возможнымъ употребленіе инструментовъ.

Но не только въ формѣ, которую получаетъ результатъ эксперимента, проявляется значеніе этой интеллектуальной операціи, которой физикъ истолковываетъ наблюденныя въ дѣйствительности явленія съ точки зрѣнія допущенныхъ имъ теорій, а оно проявляется еще и въ вспомогательныхъ средствахъ, которыми пользуется экспериментаторъ.

Дѣйствительно, было бы совершенно невозможно пользоваться инструментами, которые мы находимъ въ физическихъ лабораторіяхъ, если бы мы не замѣняли конкретные объекты, представляемые этими инструментами, абстрактнымъ схематическимъ образомъ, дѣлающимъ возможнымъ математическое изслѣдованіе, если бы мы не подчиняли эту комбинацію абстракцій выводамъ и вычисленіямъ, которыя предполагаютъ связь съ теоріями.

Спервоначалу это утвержденіе приведетъ читателя въ изумленіе.

Лупой—тоже физическимъ инструментомъ—пользуется множество людей. Чтобы пользоваться ей, имъ нѣтъ надобности замѣнять этотъ кусокъ сферическаго, отшлифованнаго, блестящаго и тяжелаго стекла, вправленнаго въ мѣдную или роговую оправу, сочетаніемъ двухъ сферическихъ поверхностей, ограничивающихъ среду съ извѣстнымъ показателемъ преломленія, хотя только это сочетаніе доступно изслѣдованіямъ діоптрики. Имъ нѣтъ надобности знать діоптрику, теорію лупы. Достаточно для нихъ разсматривать одинъ и тотъ же объектъ сначала невооруженнымъ глазомъ, а потомъ черезъ лупу, чтобы констатировать, что въ обоихъ случаяхъ объектъ имѣетъ тотъ же видъ, но во второмъ случаѣ кажется гораздо больше, чѣмъ въ первомъ. Поэтому, если они черезъ лупу видятъ

объектъ, котораго они невооруженнымъ глазомъ не замѣтили, то достаточно совершенно произвольнаго обобщенія на основаніи одного только здраваго смысла, чтобы утверждать, что объектъ этотъ былъ на столько увеличенъ лупой, что онъ сталъ видимымъ, но онъ вовсе не былъ созданъ, ни преобразованъ ей. Такимъ образомъ произвольныхъ сужденій на основаніи здраваго смысла достаточно для того, чтобы оправдать употребленіе, которое профанъ дѣлаетъ изъ лупы при своихъ наблюденіяхъ. Результаты этихъ наблюденій не находятся ни въ какой связи съ теоріями діоптрики.

Мы выбрали въ качествѣ примѣра одинъ изъ простѣйшихъ и наиболѣе грубыхъ инструментовъ физическихъ. И тѣмъ не менѣе, дѣйствительно ли вѣрно то, что можно пользоваться этимъ инструментомъ безъ всякой ссылки на теоріи діоптрики? На объектахъ, разсматриваемыхъ черезъ лупу, края окрашены какъ будто въ цвѣта радуги. Когда же мы описываемъ наблюдаемый объектъ, мы этихъ краевъ не принимаемъ во вниманіе, считая, что они созданы инструментомъ. Но откуда же мы это знаемъ, если не изъ теоріи свѣторазсѣянія? Но сколь многозначительнѣе это замѣчаніе, когда рѣчь идетъ не о простой лупѣ, а о микроскопѣ съ сильнымъ увеличеніемъ! Въ какія своеобразныя ошибки мы впадали бы, если бы наивно приписывали наблюдаемымъ объектамъ форму и цвѣтъ, въ которыхъ насъ знакомитъ съ ними инструментъ, если бы обсужденіе, основанное на оптическихъ теоріяхъ, не позволило намъ различать между явленіями и дѣйствительностью!

Но говоря объ этомъ микроскопѣ, предназначенномъ для чисто качественнаго описанія конкретныхъ объектовъ весьма малой величины, мы далеки еще отъ инструментовъ, которыми пользуется физикъ. Скомбинированные при помощи этихъ инструментовъ опыты должны служитъ не для отчета о реальныхъ фактахъ, не для описанія конкретныхъ объектовъ, а для выраженія въ числахъ извѣстныхъ символовъ, созданныхъ физическими теоріями.

Вотъ, напримѣръ, инструментъ, носящій названіе т а н г е н с ъ, б у с с о л я. Вокругъ круглой рамы проведена мѣдная проволока, обвитая шелкомъ. Въ центрѣ рамы подвѣшенъ на шелковой нити маленькій намагниченный кусокъ стали. Аллюминіевая игла, насаженная на этотъ магнитъ, движется по кругу, раздѣленному на градусы, что даетъ возможность съ точностью опредѣлить оріентировку магнита. Если оба конца мѣдной проволоки соединены съ гальваническимъ элементомъ, то магнитъ совершаетъ отклоненіе,

которое мы можемъ отсчитать на раздѣленномъ на градусы кругѣ. Допустимъ, что отклоненіе равно 30°.

Чтобы только констатировать этотъ фактъ, вовсе не нужно быть знакомымъ съ физическими теоріями, но это далеко еще не физическій экспериментъ. Вѣдь, задача физика не въ томъ, чтобы узнать отклоненіе магнита, а въ томъ, чтобы измѣрить интенсивность тока, который проходитъ по мѣдной проволокѣ.

Для того же, чтобы вычислить величину этой интенсивности на основаніи величины въ 30°, которую дало наблюденное отклоненіе, необходимо вставить эту величину въ опредѣленную формулу. Формула эта есть слѣдствіе, вытекающее изъ законовъ электромагнитизма. Для того, кто не считалъ бы правильной электромагнитную теорію Лапласа и Ампера, употребленіе этой формулы, вычисленіе, которое должно было бы дать въ результатѣ интенсивность тока, не имѣли бы въ дѣйствительности никакого смысла.

Эта формула употребляется для всѣхъ возможныхъ тангенсъ-буссолей, для всѣхъ отклоненій и для всѣхъ степеней интенсивности тока. Для того, чтобы вывести изъ нея величину опредѣленной интенсивности, которую нужно именно измѣрить, необходимо спеціализировать эту формулу. Для этого необходимо, во-первыхъ, ввести спеціальную величину отклоненія, которое было наблюдено, т. е. 30°, и, во-вторыхъ, примѣнить ее къ тому спеціальному тангенсъ-буссолю, который нашелъ примѣненіе въ опытѣ. Какъ же дѣлается эта спеціализація? Въ формулѣ мы находимъ нѣкоторыя буквы, такъ называемыя, характерныя постоянныя инструмента, обозначающія: радіусъ нашей круглой проволоки, по которой проходитъ токъ, магнитный моментъ магнита, величину и направленіе магнитнаго поля въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится инструментъ. Вотъ вмѣсто этихъ буквъ мы подставляемъ въ формулу численныя величины, соотвѣтствующія данному инструменту и лабораторіи, въ которой онъ находится.

Но что же это значитъ, когда мы говоримъ, что мы пользовались такимъ-то инструментомъ, что мы работали въ такой-то лабораторіи? Это значитъ, что на мѣсто мѣдной проволоки извѣстной толщины, черезъ которую мы пропустили электрическій токъ, мы подставляемъ дугу круга, геометрическую линію безъ толщины, которая вполнѣ опредѣлена своимъ радіусомъ; что на мѣсто намагниченнаго куска стали опредѣленной величины и опредѣленной формы, подвѣшеннаго на шелковой нити, мы подставляемъ горизонтальную магнитную ось, безконечно малую, вращающуся безъ тренія около

вертикальной оси и имѣющую извѣстный магнитный моментъ; что на мѣсто лабораторіи, гдѣ происходитъ опытъ, мы подставляемъ, извѣстное пространство, вполнѣ охарактеризованное магнитнымъ полемъ опредѣленнаго направленія и опредѣленной интенсивности.

Такимъ образомъ, когда дѣло идетъ лишь о томъ, чтобы отсчитать отклоненіе магнита, мы имѣемъ передъ собой извѣстное сочетаніе вещей изъ мѣди, стали, аллюминія, стекла и шелка, которыя мы можемъ осязать и разсматривать. Сочетаніе это стоитъ на трехъ регулирующихъ винтахъ въ извѣстной лабораторіи, помѣщающейся въ подвальномъ помѣщеніи Faculté des sciences въ Бордо. Но эту лабораторію, куда можетъ вступить и посѣтитель совершенно несвѣдущій въ физикѣ, этотъ инструментъ, который можно изслѣдовать, не имѣя ни малѣйшаго понятія объ электромагнитизмѣ, мы оставили безъ вниманія, когда дѣло шло о томъ, чтобы завершить нашъ экспериментъ интерпретаціей произведенныхъ отсчитываній, что дѣлается примѣненіемъ формулы для тангенсъ-буссоля. Вмѣсто того мы приняли извѣстное сочетаніе магнитнаго поля, магнитной оси, магнитнаго момента, кругового тока извѣстной интенсивности, т. е. сочетаніе символовъ, которымъ только физическія теоріи придаютъ извѣстный смыслъ,— смыслъ, для людей незнакомыхъ съ электромагнитизмомъ совершенно непонятный.

Поэтому, когда физикъ производитъ какой-нибудь опытъ, умъ его одновременно занимаютъ два прекрасно различаемыхъ представленія объ иструментѣ, которымъ онъ работаетъ: одно есть образъ конкретнаго инструмента, которымъ онъ, дѣйствительно, работаетъ, другое — схематичеcкій типъ того же инструмента, построенный съ помощью символовъ, данныхъ теоріями. И именно къ этому второму инструменту, идеальному и символическому, онъ примѣняетъ законы и формулы физики.

Этими принципами опредѣляется то, что слѣдуетъ понимать подъ словами, когда говорятъ объ усиленіи точности эксперимента исключеніемъ источниковъ ошибокъ при помощи соотвѣтственныхъ поправокъ. Дѣйствительно, мы сейчасъ увидимъ, что поправки эти суть нечто иное, какъ поправки въ теоретическомъ истолкованіи эксперимента.

По мѣрѣ развитія физики неопредѣленность группы абстрактныхъ сужденій, соотвѣтствіе которыхъ одному и тому же конкретному факту устанавливается физикомъ, все болѣе и болѣе суживается. Приблизительность получаемыхъ экспериментальныхъ ре-

зультатовъ все болѣе и болѣе уменьшается, точность ихъ возрастаетъ и не только потому, что инструменты дѣлаются все болѣе и болѣе точными, но и потому, что физическія теоріи даютъ все лучшіе и лучшіе методы установленія связи между фактами съ одной стороны и схематическими идеями, которыя должны ихъ представить,—съ другой. Эта возрастающая точность покупается, правда, все возрастающей сложностью, необходимостью одновременно съ основнымъ фактомъ наблюдать цѣлый рядъ фактовъ вспомогательныхъ, необходимостью подчинить голые факты, констатируемые въ опытѣ, комбинаціямъ и превращеніямъ, все болѣе и болѣе многочисленнымъ и сложнымъ. Вотъ эти превращенія, которымъ подвергаются непосредственныя данныя опыта, и суть поправки.

Будь физическій экспериментъ простымъ констатированіемъ факта, было бы абсурдомъ производить въ немъ поправки. Если бы наблюдатель производилъ свои наблюденія тщательно, внимательно и точно, было бы смѣшно сказать ему: вы видѣли не то, что вы должны были бы видѣть; позвольте мнѣ сдѣлать нѣкоторыя вычисленія, которыя покажутъ вамъ, что́ собственно вы должны были бы констатировать.

Напротивъ того, логическая роль поправокъ становится вполнѣ понятной, если вспомнить, что физическій экспериментъ есть не только констатированіе группы фактовъ,. но и переводъ этихъ фактовъ на символическій языкъ при помощи правилъ, заимствованныхъ изъ физическихъ теорій. Отсюда въ дѣйствительности слѣдуетъ, что физикъ постоянно сравниваетъ между собой два инструмента: реальный инструментъ, которымъ онъ работаетъ, и инструментъ идеальный и символическій, о которомъ онъ разсуждаетъ. Слово манометръ, напримѣръ, означаетъ для Реньо двѣ вещи, по существу своему различныя, но неразрывно между собой связанныя: съ одной стороны группу стеклянныхъ трубокъ, крѣпко соединенныхъ между собой, прислоненныхъ къ башнѣ лицея Генриха IV и наполненныхъ жидкимъ, очень тяжелымъ металломъ, который химики называютъ ртутью, а съ другой стороны, столбъ той мыслимой лишь вещи, которую механики называютъ совершенной жидкостью, которая въ каждой точкѣ имѣетъ опредѣленную плотность и опредѣленную температуру и которая опредѣляется извѣстнымъ уравненіемъ, характеризующимъ ея сжимаемость и расширеніе. На первый изъ этихъ двухъ манометровъ помощ-

никъ Ренье направляетъ трубку катотометра, а ко второму великій физикъ примѣняетъ законы гидростатики.

Схематическій инструментъ не есть точный эквивалентъ инструмента реальнаго, да и не можетъ имъ быть. Но ясно, что онъ можетъ дать болѣе или менѣе совершенное представленіе о немъ. Ясно, что послѣ разсужденій объ инструментѣ схематическомъ, слишкомъ простомъ и слишкомъ далекомъ отъ дѣйствительности, физикъ старается замѣнить его болѣе сложной, но болѣе похожей на дѣйствительный инструментъ схемой. Вотъ этотъ переходъ отъ извѣстнаго схематическаго инструмента къ другому, который лучше символизируетъ конкретный инструментъ, и есть по существу та операція, которая носитъ въ физикѣ названіе поправки.

Помощникъ Ренье сообщаетъ ему высоту ртутнаго столба манометра. Ренье вноситъ въ нее поправку. Что это значитъ? Подозрѣваетъ ли онъ, что его помощникъ плохо смотрѣлъ, что онъ ошибся? Нѣтъ, онъ питаетъ полное довѣріе къ наблюденіямъ, сдѣланнымъ помощникомъ. Не имѣй онъ этого довѣрія, онъ не могъ бы вносить поправокъ, а ему пришлось бы начинать наблюденія сызнова. Если же вмѣсто высоты, сообщенной ему помощникомъ, Ренье беретъ другую, то онъ это дѣлаетъ на основаніи интеллектуальныхъ операцій, долженствующихъ уменьшить разницу между идеальнымъ символическимъ манометромъ, существующимъ только въ его воображеніи, составляющимъ предметъ его вычисленій, и дѣйствительнымъ манометромъ изъ стекла и ртути, который стоитъ передъ его глазами и показанія котораго ему сообщаетъ его помощникъ. Ренье могъ бы замѣнить въ мысляхъ этотъ реальный манометръ манометромъ идеальнымъ, содержащимъ несжимаемую жидкость, имѣющей вездѣ одну и ту же температуру и въ каждой точкѣ своей свободной поверхности подвергающейся атмосферному давленію, не зависимому отъ высоты. Между этой схемой, слишкомъ простой, и дѣйствительностью разница была бы слишкомъ велика и, слѣдовательно, точность эксперимента была бы слишкомъ недостаточна. Поэтому, онъ придумываетъ себѣ новый идеальный манометръ, болѣе сложный, чѣмъ первый, но лучше изображающій манометръ реальный и конкретный. Онъ представляетъ себѣ въ этомъ новомъ манометрѣ сжимаемую жидкость; онъ допускаетъ, что температура измѣняется отъ точки къ точкѣ; онъ допускаетъ, что барометрическое давленіе измѣняется по мѣрѣ поднятія вверхъ въ атмосферѣ. Каждое изъ этихъ измѣ-

ненiй въ первоначальной схемѣ образуетъ поправку: здѣсь и поправка на сжимаемость ртути, и поправка на неравномѣрное нагрѣванiе ртутнаго столба, и поправка Лапласа на зависимость барометрическаго уровня отъ высоты. Всѣ эти поправки имѣютъ цѣлью усилить точность эксперимента.

Физикъ, усложняющiй поправками теоретическое изложенiе наблюденныхъ фактовъ, чтобы это изложенiе приблизить къ дѣйствительности, подобенъ художнику, который, набросавъ контуры картины, накладываетъ тѣни, чтобы рельефно выдѣлить модель на плоской поверхности.

Тотъ, кто видитъ въ экспериментахъ физики лишь констатированiе фактовъ, никогда не пойметъ роли, которую играютъ въ этихъ экспериментахъ поправки. Онъ не пойметъ прежде всего, что слѣдуетъ понимать подъ систематическими ошибками, которыя бываютъ при экспериментѣ.

Оставить при экспериментѣ причину систематической ошибки, не устранять ее, значитъ не вводить поправки, которая могла бы быть сдѣлана, чѣмъ была бы усилена точность эксперимента; это значитъ удовлетвориться слишкомъ простымъ теоретическимъ символомъ, когда его можно замѣнить болѣе сложнымъ, но лучше изображающимъ дѣйствительность; это значитъ удовлетвориться наброскомъ въ то время, когда можно получить тѣневой рисунокъ.

При своихъ опытахъ для изслѣдованiя сжимаемости газовъ Ренье не замѣтилъ одной причины систематической ошибки и оставилъ ее, но впослѣдствiи она была доказана. Онъ не принялъ во вниманiе дѣйствiя тяжести на газъ, подверженный сжатiю. Что мы хотимъ сказать, когда упрекаемъ Ренье за то, что онъ не принялъ во вниманiе этого дѣйствiя, что онъ не внесъ этой поправки? Хотимъ ли мы сказать, что его обманули его чувства, когда онъ наблюдалъ явленiя, происходившiя предъ его глазами? Нѣтъ, мы его упрекаемъ за то, что онъ слишкомъ упростилъ теоретическiй образъ этихъ фактовъ, представляя себѣ газъ, который онъ подвергалъ сжатiю, какъ однородную жидкость, между тѣмъ какъ разсматривай онъ его какъ жидкость, давленiе которой по опредѣленному закону измѣняется съ высотой, онъ получилъ бы новый абстрактный образъ, болѣе сложный, чѣмъ первый, но болѣе вѣрно изображающiй дѣйствительность.

§ IV.—О критикѣ физическаго эксперимента и о разницѣ, существующей между ней и провѣркой обыкновенныхъ показаній.

Итакъ, физическій опытъ и простое констатированіе факта—вещи совершенно различныя. Отсюда ясно, что достовѣрность результата опыта тоже совсѣмъ другая, чѣмъ достовѣрность факта, просто констатированнаго нашими чувствами. Не менѣе ясно также, что достовѣрность та и другая, будучи по природѣ своей столь различны, и оцѣниваются по методамъ, совершенно различнымъ.

Когда достовѣрный свидѣтель съ вполнѣ здравымъ умомъ, который не можетъ смѣшивать игры своей фантазіи съ воспріятіями и достаточно знакомъ съ языкомъ, которымъ онъ пользуется для того, чтобы ясно выразить свою мысль, утверждаетъ, что онъ констатировалъ какой-нибудь фактъ, то этотъ фактъ извѣстенъ. Я заявляю вамъ, что въ такой-то день, въ такой-то часъ, я на такой-то улицѣ видѣлъ лошадь бѣлой масти. Если у васъ нѣтъ основаній предположить, что я лгу или страдаю галлюцинаціями, то вы вѣрите, что въ такой-то день, въ такой-то часъ, на такой-то улицѣ была лошадь бѣлой масти.

Совсѣмъ другое дѣло довѣріе, которое вы должны имѣть къ положенію, высказанному какимъ-нибудь физикомъ, какъ результатъ своего эксперимента. Если бы физикъ ограничивался перечисленіемъ фактовъ, которые онъ видѣлъ собственными, такъ сказать, глазами, свидѣтельство его должно было бы быть провѣрено по общимъ правиламъ, по которымъ опредѣляется степень достовѣрности показаній всякаго человѣка. Если бы физикъ оказался достойнымъ довѣрія,—что оказалось бы, я полагаю, общимъ правиломъ,—его показаніе должно было быть принято, какъ выраженіе истины.

Но повторяю, то, что физикъ высказываетъ, какъ результатъ своего эксперимента, не есть отчетъ о констатированныхъ фактахъ, а это интерпретація этихъ фактовъ, перенесеніе ихъ въ міръ идеальный, абстрактный, символическій, созданный теоріями, которыя онъ считаетъ правильными.

Поэтому, подчинивъ показаніе физика правиламъ, опредѣляющимъ степень довѣрія, заслуживаемаго разсказомъ обыкновеннаго свидѣтеля, мы совершили лишь часть, и то легчайшую часть, работы критики, опредѣляющей цѣнность даннаго эксперимента.

Прежде всего намъ нужно очень старательно познакомиться съ теоріями, которыя принимаетъ физикъ и которыми онъ пользуется для истолкованія констатированныхъ имъ фактовъ. Не зная этихъ теорій, мы не можемъ понять смысла, который онъ вкладываетъ въ собственныя свои заявленія. Такой физикъ былъ бы передъ нами въ положеніи свидѣтеля, говорящаго на языкѣ, непонятномъ для судьи.

Если теоріи, принимаемыя этимъ физикомъ, принимаются и нами, если мы согласны съ нимъ относительно правилъ для истолкованія однихъ и тѣхъ же явленій, мы говоримъ на одномъ и томъ же языкѣ и можемъ понимать другъ друга. Но не всегда оно такъ бываетъ. Не бываетъ оно такъ, когда мы обсуждаемъ эксперименты физика, не принадлежащаго къ одной съ нами школѣ. Оно не бываетъ такъ, въ особенности, когда мы обсуждаемъ эксперименты физика, отъ котораго насъ отдѣляетъ періодъ въ 50, 100 200 лѣтъ. Тогда необходимо установить извѣстную связь между теоретическими идеями автора, котораго мы изучаемъ, и нашими. Тогда необходимо то, что онъ истолковалъ съ помощью своихъ символовъ, подвергнуть новой интерпретаціи съ помощью символовъ, которыми мы пользуемся. Только послѣ этого мы можемъ обсуждать его экспериментъ. Только тогда экспериментъ этотъ есть свидѣтельское показаніе, данное на чужомъ для насъ языкѣ и переведенное на нашъ языкъ при помощи словаря, который имѣется въ нашемъ распоряженіи. Мы можемъ перевести это свидѣтельство и только затѣмъ подвергнуть провѣркѣ.

Ньютонъ, напримѣръ, сдѣлалъ извѣстныя наблюденія касательно явленій цвѣтныхъ колецъ. Эти наблюденія онъ истолковалъ съ точки зрѣнія созданной имъ эммиссіонной теоріи. Онъ истолковалъ ихъ, указавъ для свѣтящихся частичекъ каждаго цвѣта разстояніе между приступомъ къ легкому отраженію и приступомъ къ легкой передачѣ. Но вотъ въ одинъ прекрасный день Юнгъ и Френель создаютъ на мѣсто эммиссіонной теоріи теорію волнообразнаго распространенія свѣта и они въ состояніи нѣкоторые элементы новой теоріи привести въ связь съ нѣкоторыми элементами старой. Между прочимъ, они замѣчаютъ, что разстояніе между приступомъ къ легкому отраженію и приступомъ къ легкой передачѣ соотвѣтствуетъ четвертой долѣ того, что новая теорія назвала длиной волны. Благодаря этому замѣчанію, результаты опытовъ Ньютона могутъ быть переведены на языкъ волнообразной теоріи свѣта. Числа, полученныя Ньютономъ,

будучи помножены на 4, даютъ длину волны различныхъ цвѣтовъ.

Точно также Біо произвелъ *очень большое число* точныхъ экспериментовъ по вопросу о поляризаціи свѣта и истолковалъ ихъ съ точки зрѣнія эммиссіонной теоріи. Френелю же удалось перевести ихъ на языкъ волнообразной теоріи свѣта и воспользоваться ими для провѣрки этой теоріи.

Когда же намъ не удается получить достаточныхъ разъясненій относительно теоретическихъ идей физика, эксперименты котораго мы обсуждаемъ, если намъ не удалось установить связи между символами, которыми онъ пользовался, и тѣми, которые даютъ намъ принятыя нами теоріи, то положенія, въ которыхъ этотъ физикъ выразилъ результаты своихъ экспериментовъ, для насъ ни истинны, ни ложны; они не имѣютъ для насъ никакого смысла, это для насъ мертвыя буквы; они въ нашихъ глазахъ то-же, что этрусскія или лигурійскія надписи въ глазахъ эпиграфиста: документы, написанные на языкѣ, непонятномъ для насъ. Какое множество наблюденій, собранныхъ физиками, жившими до насъ, такъ навсегда теряется! Ученые эти позабыли познакомить насъ съ методами, которыми они пользовались для истолкованія фактовъ, и мы не можемъ перевести ихъ интерпретаціи на языкъ нашихъ теорій, ибо они выразили свои идеи въ знакахъ, ключа къ которымъ у насъ нѣтъ.

Эти основныя правила кое-кому покажутся, можетъ быть, наивными; будутъ, можетъ быть, удивляться тому, что мы такъ долго останавливаемся на нихъ. И, однако, если эти правила банальны, то еще банальнѣе съ ними не считаться. Сколько есть научныхъ споровъ, въ которыхъ каждый изъ спорящихъ надѣется сразить противника неопровержимымъ свидѣтельствомъ фактовъ. И они приводятъ другъ другу наблюденія, противорѣчащія другъ другу. Противорѣчіе это заключается не въ дѣйствительности, которая всегда согласна съ самой собой, корень его въ теоріяхъ, при помощи которыхъ каждый изъ спорящихъ выражаетъ эту дѣйствительность. Сколько есть положеній въ сочиненіяхъ нашихъ предшественниковъ, которыя кажутся намъ чудовищными заблужденіями! А между тѣмъ мы превозносили бы ихъ, можетъ быть, какъ великія истины, если бы намъ удалось познакомиться съ теоріями, которыя вкладывали въ эти положенія ихъ истинный смыслъ, если бы позаботились перевести ихъ на языкъ современныхъ намъ теорій.

Допустимъ, что мы установили согласіе между теоріями, принимаемыми такимъ то экспериментаторомъ и теоріями, которыя мы считаемъ правильными. Очень можетъ случиться, что мы примемъ и положенія, въ которыхъ онъ выражаетъ результаты своихъ экспериментовъ. Въ такомъ случаѣ мы сейчасъ же должны провѣрить, пользовался ли онъ при истолкованіи наблюденныхъ фактовъ именно тѣми правилами, которыя предписываются общими нашими теоріями. Случается, что мы констатируемъ, что экспериментаторъ не удовлетворилъ всѣмъ законнымъ требованіямъ. Примѣняя тѣ или другія теоріи, онъ могъ совершить ошибку въ разсужденіяхъ или вычисленіяхъ. Въ такомъ случаѣ разсужденіе должно быть измѣнено и вычисленіе снова продѣлано. Результатъ опыта тогда видоизмѣнится и полученное число будетъ замѣнено другимъ числомъ.

Весь опытъ представляетъ собой непрестанное противопоставленіе двухъ аппаратовъ: дѣйствительнаго аппарата, которымъ работалъ наблюдатель, и аппарата идеальнаго и схематическаго, составлявшаго предметъ его разсужденій. Сравненіе этихъ двухъ аппаратовъ намъ необходимо подвергнуть критикѣ, а для этого намъ нужно хорошо знать оба аппарата. О второмъ у насъ можетъ быть адэкватное знаніе, ибо онъ опредѣляется математическими символами и формулами. Не такъ обстоитъ дѣло съ первымъ. Мы должны составить себѣ возможно болѣе точное представленіе о немъ на основаніи описанія, которое даетъ намъ экспериментаторъ. Но достаточно ли это описаніе? Даетъ ли оно намъ всѣ свѣдѣнія, которыя могутъ оказаться полезными для насъ? Состояніе изучаемыхъ тѣлъ, степень химической ихъ чистоты, условія, въ которыхъ они находились, затемняющія вліянія, которыя могли здѣсь быть, какъ и тысяча другихъ обстоятельствъ, которыя могли влiять на результатъ эксперимента,—было ли все это опредѣлено и съ точностью, не оставляющей желать ничего лучшаго?

Только отвѣтивъ на всѣ эти вопросы, мы можемъ задаться вопросомъ, въ какой мѣрѣ схематическій аппаратъ есть образъ, напоминающій аппаратъ конкретный. Мы можемъ разсмотрѣть, нельзя ли еще болѣе усилить это сходство, усложнивъ опредѣленіе идеальнаго аппарата. Мы можемъ задаться вопросомъ, были ли устранены всѣ систематическіе источники ошибокъ бо́льшого или меньшаго значенія, были ли сдѣланы всѣ желательныя поправки?

Пусть экспериментаторъ пользовался при интерпретаціи своихъ наблюденій теоріями, которыя и мы принимаемъ. Пусть онъ при

осуществленіи этой интерпретаціи вполнѣ точно примѣнялъ всѣ правила, диктуемыя этими теоріями. Онъ точно изучилъ и описалъ аппараты, которыми онъ пользовался. Онъ устранилъ систематическіе источники ошибокъ или внесъ необходимыя поправки для устраненія ихъ вліянія. Всего этого недостаточно еще, чтобы мы могли принять результатъ его эксперимента, а намъ нужно знать еще предѣлы ошибокъ этого эксперимента. Дѣло въ томъ, что абстрактныя и математическія положенія, соотвѣтствующія на основаніи теорій наблюденнымъ фактамъ, не бываютъ, какъ мы говорили уже выше, вполнѣ опредѣленными. Однимъ и тѣмъ же фактамъ можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество различныхъ положеній, однѣмъ и тѣмъ же мѣрамъ—безчисленное множество оцѣнокъ ихъ, выраженныхъ въ различныхъ числахъ. Степень неопредѣленности абстрактнаго, математическаго положенія, служащаго для выраженія результата эксперимента, и есть то, что носитъ названіе предѣловъ ошибокъ этого эксперимента. Если наблюдатель далъ намъ ихъ, мы должны провѣрить методы при помощи которыхъ онъ усчиталъ ихъ. Если онъ намъ не далъ ихъ, мы должны опредѣлить ихъ собственными разсужденіями. Операція—сложная и крайне тонкая. Для опредѣленія предѣловъ ошибокъ или степени точности какого-нибудь эксперимента, необходимо прежде всего опредѣлить тонкость чувствъ наблюдателя. Астрономы стараются выразить эту величину въ математической формѣ, такъ называемаго, личнаго уравненія. Но уравненіе это имѣетъ очень мало сходства съ вполнѣ опредѣленнымъ постоянствомъ геометріи, ибо оно обязано своимъ происхожденіемъ случайной головной боли или плохому пищеваренію. Далѣе, для этого необходимо усчитать систематическія ошибки, исправить которыя было невозможно. Но даже, когда мы перечислили всѣ источники этихъ ошибокъ возможно болѣе полнымъ образомъ, вы можете быть увѣрены, что пропустили гораздо больше, чѣмъ вы перечислили, ибо сложность конкретной реальности неисчислима. Всѣ эти систематическія ошибки мы объединяемъ однимъ общимъ названіемъ ошибокъ случайныхъ. Не зная, отчего они зависятъ, мы не можемъ и исправить ихъ. Пользуясь извѣстной свободой, которую представляетъ имъ эта неизвѣстность, математики создали нѣкоторыя гипотезы насчетъ этихъ ошибокъ, позволяющія имъ при помощи извѣстныхъ математическихъ операцій ослабить ихъ вліяніе. Но теорія случайныхъ ошибокъ имѣетъ столько же цѣны, сколько имѣютъ эти гипотезы. И какъ знать цѣну этихъ

гипотезъ, разъ не знаешь ничего объ ошибкахъ, составляющихъ предметъ ихъ сужденія, разъ не знаешь источниковъ ихъ?

Поэтому, опредѣленіе предѣловъ ошибокъ какого-нибудь эксперимента есть работа крайне сложная. Часто здѣсь бываетъ очень трудно придерживаться вполнѣ опредѣленнаго, логически правильнаго порядка. Разсужденіе часто должно здѣсь уступить мѣсто тому рѣдкому и очень тонкому качеству—инстинкту или чутью—которое можетъ быть названо чутьемъ экспериментатора—качеству скорѣе ума тонкаго, чѣмъ математическаго.

Достаточно простого изложенія правилъ, опредѣляющихъ провѣрку какого нибудь физическаго эксперимента, одобреніе или отверженіе его, чтобы сдѣлать очевидной слѣдующую весьма важную истину: результатъ физическаго эксперимента не обладаетъ той достовѣрностью, какой обладаетъ фактъ, констатированный ненаучными методами—здоровымъ тѣломъ и душой, человѣкомъ на основаніи однихъ показаній своихъ чувствъ; менѣе непосредственная, подверженная спорамъ, отъ которыхъ обыкновенное свидѣтельствованіе свободно, достовѣрность эта всегда зависитъ отъ довѣрія, которое внушаетъ цѣлая группа теорій.

§ V.—Физическій экспериментъ менѣе достовѣренъ, но болѣе точенъ и деталенъ, чѣмъ ненаучное констатированіе факта.

Профанъ думаетъ, что результатъ научнаго эксперимента отличается отъ обыкновеннаго наблюденія болѣе высокой степенью достовѣрности. Онъ ошибается, ибо описаніе физическаго эксперимента не обладаетъ непосредственной и относительно легко доступной провѣркѣ достовѣрностью обыкновеннаго научнаго показанія. Менѣе достовѣрный, чѣмъ это послѣднее, онъ зато превосходитъ его числомъ и точностью деталей, съ которыми онъ насъ знакомитъ, и именно въ этомъ заключается его дѣйствительное и весьма важное преимущество передъ нимъ.

Обыкновенное показаніе, которое даетъ намъ фактъ, констатированный на основаніи здраваго смысла, безъ всякихъ методовъ научныхъ, можетъ быть достовѣрнымъ почти исключительно въ томъ случаѣ, если онъ не деталенъ, не вполнѣ точенъ, а есть только фактъ въ грубыхъ чертахъ, наиболѣе въ немъ замѣтныхъ. Въ такой-то часъ дня, я на такой-то улицѣ видѣлъ лошадь бѣлой масти,—вотъ все, что я могу утверждать съ полной увѣренностью.

Къ этому общему утвержденію, я, можетъ быть, могъ-бы присоединить еще нѣкоторую подробность, привлекшую мое вниманіе,—какая нибудь особенность въ положеніи лошади, та или другая часть ея упряжи яркаго цвѣта—но другія детали ускользнули отъ моего вниманія. Но не забрасывайте меня вопросами: мои воспоминанія спутываются, мои отвѣты становятся неопредѣленными, и я вскорѣ вынужденъ отвѣтить вамъ: не знаю. За возможными исключеніями обыкновенное показаніе тѣмъ надежнѣе, чѣмъ менѣе оно точно, чѣмъ менѣе оно проанализировано, чѣмъ болѣе оно держится грубѣйшихъ и наиболѣе замѣтныхъ наблюденій.

Нѣчто совсѣмъ другое—отчетъ о физическомъ экспериментѣ. Здѣсь явленіе не рисуется въ общихъ и грубыхъ чертахъ, а подвергается анализу, здѣсь хотятъ дать отчетъ о мельчайшей детали, о самомъ спеціальномъ признакѣ, для чего самымъ точнымъ образомъ характеризуется положеніе и относительное значеніе каждой детали, каждой частности. И предполагается, что все это дается въ такой формѣ, что мы могли бы, когда намъ будетъ угодно, воспроизвести описываемое явленіе или, по крайней мѣрѣ, вызвать другое явленіе, теоретически ему эквивалентное. Осуществленіе этого намѣренія превосходило бы силы научнаго экспериментатора, какъ оно превосходитъ силы обыкновеннаго наблюденія, если бы первый не обладалъ для этого лучшими орудіями, чѣмъ второе. Число и точность деталей, составляющихъ всякое явленіе или сопутствующихъ ему, могли бы совершенно подавить наше воображеніе, парализовать нашу память и свестись къ описанію, если бы физикъ не имѣлъ въ своемъ распоряженіи чудесное средство классификаціи и описанія, удивительно ясное и точное орудіе символическаго изображенія—математическую теорію, если бы для характеристики относительнаго значенія каждой частности онъ не обладалъ въ численной оцѣнкѣ, въ измѣреніи средствомъ для точнаго и быстраго опредѣленія. Если бы кто нибудь попытался описать какой нибудь опытъ современной физики, совершенно не прибѣгая къ языку научныхъ теорій, если бы онъ попытался, напримѣръ, описать опыты Ренье надъ сжимаемостью газовъ, не прибѣгая совершенно къ помощи абстрактныхъ и символическихъ выраженій, введенныхъ современными физическими теоріями, каковы слова: давленіе, температура, плотность, сила тяжести, оптическая ось и т. д. то оказалось бы вотъ что: описаніе однихъ этихъ экспериментовъ могло бы наполнить цѣлый томъ и отчетъ получился

бы самый запутанный, самый непонятный, какой только можно себѣ представить.

Такимъ образомъ, если теоретическое истолкованіе лишаетъ результаты физическаго эксперимента непосредственной достовѣрности, которой обладаютъ данныя обыкновеннаго наблюденія, то зато именно оно даетъ возможность научному эксперименту гораздо глубже проникнуть въ детальный анализъ явленій, чѣмъ обыкновенный здравый смыслъ, и дать имъ описаніе гораздо болѣе точное, чѣмъ описаніе обыкновенное, не научное.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Физическій законъ.

---

§ I.—Физическіе законы суть символическія отношенія.

Какъ законы здраваго смысла основаны на наблюденіи фактовъ естественными средствами человѣка, такъ законы физики основаны на результатахъ физическихъ экспериментовъ. Само собою ясно, что глубокія различія, существующія между ненаучнымъ констатированіемъ факта и результатомъ физическаго эксперимента, должны существовать и между законами непосредственнаго наблюденія съ одной стороны и законами физики съ другой. Точно также почти все, что мы говорили выше о физическихъ экспериментахъ, можетъ быть распространено и на законы физики.

Возьмемъ одинъ изъ простѣйшихъ и наиболѣе достовѣрныхъ законовъ обыкновеннаго непосредственнаго наблюденія: всѣ люди смертны. Очевидно, что законъ этотъ устанавливаетъ связь между различными абстрактными опредѣленіями, между абстрактной идеей человѣка вообще, а не конкретной идеей такого-то человѣка въ частности съ одной стороны и между абстрактной идеей смерти, а не конкретной идеей такой-то формы ея—съ другой. Дѣйствительно, только подъ этимъ условіемъ установленія связи между абстрактными опредѣленіями законъ этотъ и можетъ быть общимъ. Но эти абстракціи вовсе не являются теоретическими символами. Они только выражаютъ то, что является общимъ во всѣхъ частныхъ случаяхъ, въ которыхъ законъ примѣняется. Далѣе, въ каждомъ изъ этихъ частныхъ случаевъ, въ которыхъ мы этотъ законъ примѣняемъ, мы найдемъ конкретные объекты, въ которыхъ эти абстрактныя идеи воплощены. Всякій разъ, когда мы констатируемъ, что люди смертны, мы видимъ предъ собой извѣстнаго человѣка, воплощающаго въ себѣ общую идею человѣка, и извѣстную спеціальную смерть, воплощающую общую идею смерти.

Возьмемъ другой еще законъ, который приводитъ въ качествѣ примѣра G. Milhaud [1]), когда онъ развиваетъ идеи, изложенныя нами нѣсколько раньше. Содержаніе этого закона относится къ области физики, но онъ только сохранилъ форму, которую имѣли законы физики, когда эта область знанія была еще въ вѣдѣніи непосредственнаго наблюденія только и не достигла еще ранга раціональной науки.

Вотъ этотъ законъ: сначала виденъ свѣтъ молніи и только потомъ слышенъ громъ. Понятія «громъ» и «молнія», объединенныя въ этомъ выраженіи, суть понятія абстрактныя и общія, но абстракціи эти на столько инстинктивно, на столько естественно выведены изъ спеціальныхъ данныхъ, что каждый разъ мы и въ молніи и въ громѣ сейчасъ же можемъ узнать конкретную форму нашихъ понятій «громъ» и «молнія».

Но не такъ обстоитъ дѣло въ случаѣ законовъ физики. Возьмемъ какой-нибудь одинъ изъ этихъ законовъ, законъ Маріотта, напримѣръ, и посмотримъ, что онъ выражаетъ, не интересуясь покуда его точностью. При постоянной температурѣ объемы, занятые одной и той же массой газа, обратно пропорціональны давленіямъ, дѣйствующимъ на него. Таково выраженіе закона Маріотта. Обозначенія, которыя мы въ немъ находимъ, понятія массы, температуры и давленія суть еще понятія абстрактныя. Но понятія эти не только абстрактны, но, кромѣ того, еще символичны и символы эти имѣютъ опредѣленный смыслъ только благодаря физическимъ теоріямъ. Представимъ себѣ какой-нибудь реальный, конкретный случай, въ которомъ мы хотимъ примѣнить законъ Маріотта. Мы имѣемъ тогда дѣло не съ какой нибудь конкретной, опредѣленной температурой, воплощающей общее понятіе температуры, а съ нѣкоторымъ газомъ, болѣе или менѣе теплымъ; предъ нами тогда не какое-нибудь спеціальное, опредѣленное давленіе, осуществляющее на дѣлѣ общее понятіе давленія, а извѣстный насосъ, на который извѣстнымъ образомъ производится давленіе. Конечно, этому болѣе или менѣе теплому газу соотвѣтствуетъ опредѣленная температура, этой затратѣ силы, производимой на насосъ, соотвѣтствуетъ опредѣленное давленіе. Но это соотвѣтствіе есть соотвѣтствіе обозначенной вещи своему знаку, который ее замѣняетъ, соотвѣтствіе нѣкоторой реальности—символу, который ее представляетъ. Соотвѣт-

---

[1]) G. Milhaud: La Science rationelle (Revue de Métaphysique et de Morale, 4-e année, 1896, стр. 280).—Вновь напечатано въ Rationnel, Paris, 1898, стр. 44.

ствіе это есть соотвѣтствіе далеко не непосредственное, а оно создается при помощи инструментовъ при посредствѣ различныхъ — часто весьма длительныхъ и весьма сложныхъ — измѣреній. Чтобы приписать этому болѣе или менѣе теплому газу опредѣленную температуру, необходимо обратиться къ термометру. Чтобы выразить затраченную на приведеніе въ движеніе насоса работу въ формѣ давленія, намъ необходимо воспользоваться манометромъ. Но, какъ мы видѣли въ предыдущей главѣ, пользованіе термометромъ и манометромъ предполагаютъ пользованіе физическими теоріями.

Но абстрактныя выраженія, которыми оперируетъ законъ обычнаго здраваго смысла, суть ничто иное, какъ только то, что является общимъ въ конкретныхъ объектахъ, доступнымъ нашимъ чувствамъ. Поэтому, переходъ отъ конкретнаго къ абстрактному совершается посредствомъ операціи столь необходимой и столь непроизвольной, что она остается несознанной. Когда предо мною опредѣленный человѣкъ, опредѣленный случай смерти, то я ихъ отношу непосредственно къ общему понятію человѣка, къ общей идеѣ смерти. Эта инстинктивная, непроизвольная операція даетъ намъ общія идеи, не подвергаемыя анализу, абстракціи принятыя, такъ сказать, en bloc. Мыслитель можетъ, конечно, подвергнуть эти общія абстрактныя идеи анализу, онъ можетъ задаться вопросомъ, что такое человѣкъ, что такое смерть, онъ можетъ постараться проникнуть глубоко и сполна въ смыслъ этихъ словъ. Работа эта позволитъ ему лучше усвоить смыслъ закона, но она вовсе не необходима, чтобы этотъ законъ понять. Чтобы понять его, достаточно брать слова, которыя въ немъ объединены, въ ихъ обычномъ смыслѣ, такъ что онъ ясенъ для всѣхъ людей, не только философовъ, но и профановъ.

Символическія выраженія, объединенныя въ физическомъ законѣ, уже не такія абстракціи, которыя прямо вытекаютъ изъ конкретной реальности. Нѣтъ, эти абстракціи представляютъ собой плодъ длительной, сложной, сознательной работы, работы въ теченіе столѣтій, результатомъ которой являются физическія теоріи. Невозможно понять этотъ законъ, невозможно его примѣнять, если не была продѣлана эта работа, если не извѣстны физическія теоріи.

Въ *зависимости отъ того, принимается ли данная* теорія *или* нѣтъ, одни и тѣ же слова, въ которыхъ выраженъ физическій законъ, получаютъ различный смыслъ, такъ что законъ можетъ быть

принятъ однимъ физикомъ, принимающимъ данную теорію, и отвергнуть другимъ, принимающимъ другую теорію.

Возьмемъ какого-нибудь крестьянина, никогда не задумывавшагося надъ понятіемъ человѣка и понятіемъ смерти, и метафизика, всю свою жизнь занимавшагося анализомъ этихъ понятій. Или возьмемъ двухъ философовъ, занимавшихся анализомъ этихъ понятій и пришедшихъ къ двумъ различнымъ опредѣленіямъ, между собой несовмѣстимымъ. Законъ: всѣ люди смертны, будетъ одинаково яснымъ и истиннымъ для всѣхъ. Точно также законъ: сначала виденъ свѣтъ молніи, и только потомъ слышенъ громъ—будетъ одинаково яснымъ и истиннымъ какъ для физика, основательно знакомаго съ законами искрового разряда, такъ и для представителя римской черни, который видѣлъ въ ударѣ молніи проявленіе гнѣва Юпитера Капитолійскаго.

Теперь разсмотримъ слѣдующій физическій законъ: всѣ законы сжимаются и расширяются одинаковымъ образомъ. Спросимъ различныхъ физиковъ, подчиняются ли этому закону пары іода или нѣтъ. Одинъ физикъ является сторонникомъ теорій, согласно которымъ пары іода представляютъ собой простой газъ. Такой физикъ дѣлаетъ изъ нашего закона слѣдующій выводъ: плотность паровъ іода, отнесенная къ воздуху, есть величина постоянная. Но опытъ показываетъ, что плотность паровъ іода, отнесенная къ воздуху, зависитъ отъ температуры и давленія. Нашъ физикъ дѣлаетъ отсюда тотъ выводъ, что пары іода не подчиняются нашему закону. По мнѣнію другого физика, пары іода не простой газъ, а смѣсь изъ двухъ газовъ, полимерныхъ одинъ въ отношеніи другого и способныхъ превращаться другъ въ друга. На этомъ основаніи изложенный выше законъ не требуетъ уже, чтобы плотность паровъ іода, отнесенная къ воздуху, оставалась постоянной, а онъ гласитъ, что плотность эта измѣняется съ измѣненіемъ температуры или давленія, согласно извѣстной формулѣ J. Willard-Gibbs'a. Въ этой формулѣ въ дѣйствительности выражены результаты экспериментальныхъ опредѣленій. Нашъ второй физикъ дѣлаетъ отсюда тотъ выводъ, что пары іода не составляютъ исключенія изъ правила, согласно которому всѣ газы одинаковымъ образомъ сжимаются и расширяются. Такимъ образомъ наши два физика придерживаются совершенно различныхъ точекъ зрѣнія на законъ, который они оба формулируютъ въ одинаковой формѣ. Одинъ находитъ, что законъ этотъ въ виду извѣстнаго факта теряетъ всякую силу, а другой, наоборотъ, что именно этотъ фактъ подтверждаетъ его.

Объясняется это тѣмъ, что въ различныхъ теоріяхъ, на которыя они ссылаются, смыслъ словъ: «простой газъ» неодинаковъ. Такимъ образомъ, пользуясь одними и тѣми же словами, они высказываютъ два различныхъ положенія. Чтобы сравнить это выраженіе съ дѣйствительностью, они производятъ вычисленія столь различныя, что одинъ можетъ найти, что законъ этотъ подтверждается такими-то фактами, когда другой находитъ, что тѣ же факты его опровергаютъ. Отсюда съ ясностью вытекаетъ слѣдующая истина: физическій законъ есть символическое отношеніе, для примѣненія котораго къ конкретной дѣйствительности требуется, чтобы человѣкъ зналъ и принималъ всѣ соотвѣтствующія теоріи.

§ II.—Физическій законъ, въ сущности говоря, ни правиленъ, ни неправиленъ, а только приблизителенъ.

Законъ обыденнаго здраваго смысла есть простое общее сужденіе; оно бываетъ истиннымъ или ложнымъ. Возьмемъ, напримѣръ, слѣдующій законъ, устанавливаемый обыденными наблюденіями: въ Парижѣ солнце ежедневно восходитъ на востокѣ, движется вверхъ по небесному своду и заходитъ на западѣ. Здѣсь предъ нами истинный законъ, безъ всякихъ условій, безъ всякихъ ограниченій. Возьмемъ теперь слѣдующее положеніе: луна всегда бываетъ полной; это законъ ложный. Когда ставится вопросъ о правильности закона, установленнаго здравымъ смысломъ, то отвѣтъ на этотъ вопросъ можетъ гласить или да, или нѣтъ.

Не такъ обстоитъ дѣло съ законами, которые мы находимъ въ наукѣ физики, достигшей полнаго своего развитія и излагающей свои законы въ формѣ математическихъ принциповъ. Такой законъ всегда символиченъ. Но символъ, въ сущности говоря, не можетъ быть ни правильнымъ, ни неправильнымъ. О немъ можно сказать только одно: онъ лучше или хуже выбранъ для выраженія дѣйствительности, которую онъ представляетъ, онъ олицетворяетъ эту дѣйствительность болѣе или менѣе точно, болѣе или менѣе детально. Но въ примѣненіи къ символу, слова «истина», «заблужденіе» теряютъ всякій смыслъ. Поэтому, если взять логика, обращающаго вниманіе на строго точный смыслъ словъ, то на вопросъ, вѣренъ ли или ложенъ такой-то опредѣленный законъ физики, у него можетъ быть одинъ только отвѣтъ: я вашего вопроса не понимаю. Отвѣтъ

этотъ можетъ показаться парадоксальнымъ, но для человѣка, претендующаго на знакомство съ физикой, онъ долженъ быть понятенъ. Остановимся на немъ нѣсколько подробнѣе.

Какому нибудь одному данному факту, согласно экспериментальному методу, который употребляется въ физикѣ, соотвѣтствуетъ не одно только символическое сужденіе, но безконечное множество различныхъ сужденій. Степень неопредѣленности символа есть степень приближенія къ полной точности соотвѣствующаго опыта. Возьмемъ рядъ аналогичныхъ фактовъ. Для физика найти законъ этихъ фактовъ, значитъ найти формулу, содержащую символическое изображеніе каждаго изъ этихъ фактовъ. Неопредѣленность символа, соотвѣтствующаго каждому факту, обусловливаетъ, поэтому, неопредѣленность формулы, въ которой всѣ эти символы должны быть объединены. Одной и той же группѣ фактовъ можетъ соотвѣтствовать безконечное множество различныхъ формулъ, безконечное множество различныхъ физическихъ законовъ. Каждый изъ этихъ законовъ, чтобы быть принятымъ, долженъ связывать каждый фактъ не съ такимъ-то и такимъ-то символомъ его, а съ какимъ нибудь изъ безчисленнаго множества возможныхъ его символовъ. Вотъ что имѣется въ виду, когда говорятъ, что законы физики суть законы только приблизительные.

Вернемся для примѣра къ приведенному нами уже выше закону: въ Парижѣ солнце ежедневно восходитъ на востокѣ, движется вверхъ по небесному своду и заходитъ на западѣ. Представимъ себѣ, что мы не можемъ удовлетвориться свѣдѣніями, поставляемыми этимъ закономъ. Мы обращаемся къ наукамъ физическимъ за точнымъ закономъ движенія солнца, наблюдаемаго въ Парижѣ, за закономъ, по которому парижскій наблюдатель могъ бы судить о положеніи, которое занимаетъ солнце на небѣ въ каждый данный моментъ. Физическія науки, чтобы рѣшить эту проблему, обратятся не къ реальнымъ вещамъ, доступнымъ наблюденію, не къ солнцу, какъ мы его видимъ сіяющимъ на небѣ, а къ символамъ, которыми эти теоріи изображаютъ эти реальности. Несмотря на неравномѣрную его поверхность, не смотря на огромныя протуберанціи на немъ, онѣ будутъ представлять себѣ солнце въ видѣ геометрически совершеннаго шара, и онѣ попытаются опредѣлить положеніе центра этого реальнаго шара, или скорѣе даже положеніе, которое занимала бы эта точка, если бы астрономическая рефракція не отклоняла лучей солнца, если бы годовая аберрація не измѣняла видимаго положенія звѣздъ. Такимъ образомъ простую чувственную реаль-

ность, которую мы констатируемъ, блестящій дискъ, на который мы наставляемъ нашу подзорную трубу, науки эти замѣнятъ символомъ. Чтобы установить опредѣленную связь между этимъ символомъ и той реальностью, необходимо произвести сложныя измѣренія, необходимо, чтобы край солнца совпалъ съ тонкой нитью въ микрометрѣ, необходимо произвести много отсчитываній на раздѣленныхъ на градусы кругахъ, а въ отсчитанныя такимъ образомъ величины необходимо внести различныя поправки; далѣе, необходимо также произвести длинныя и сложныя вычисленія, законность которыхъ вытекаетъ изъ принятыхъ нами теорій, теоріи аберраціи и теоріи атмосферической рефракціи.

Эта точка символически называется центромъ солнца. Но и не она еще можетъ входить въ наши формулы; въ нихъ могутъ входить только координаты этой точки, ея долгота и широта, напримѣръ. Смыслъ и значеніе этихъ координатъ доступны только для человѣка, знакомаго съ законами космографіи, величины ихъ обозначаютъ точку на небесномъ сводѣ, на которую можно показывать пальцемъ, которую можно визировать въ подзорную трубу, и обозначаютъ онѣ ее на основаніи цѣлаго ряда произведенныхъ опредѣленій: опредѣленія меридіана мѣста, географическихъ координатъ его и т. д.

Возьмемъ опредѣленное положеніе солнечнаго диска. Можно ли это положеніе связать съ одной только величиной долготы и одной только величиной широты солнечнаго центра при условіи, что приняты во вниманіе всѣ поправки на аберрацію и рефракцію? Никоимъ образомъ. Пригодность нашего инструмента, служащаго для визированія солнца, ограничена. Степень точности различныхъ отсчитываній, которыя мы дѣлаемъ во время нашихъ экспериментовъ, ограничена. Находится ли солнечный дискъ въ этомъ или другомъ положеніи, мы различить не можемъ, если разстояніе между ними достаточно мало. Допустимъ, что мы въ состояніи опредѣлить координаты опредѣленной точки на небесномъ сводѣ съ точностью, не превосходящей 1'. Чтобы опредѣлить положеніе солнца въ данный моментъ, намъ достаточно тогда знать долготу и широту солнечнаго центра съ точностью до 1'. Такимъ образомъ для того, чтобы охарактеризовать движенія солнца, мы можемъ приписывать его долготѣ и широтѣ въ каждый данный моментъ не одну только, а безчисленное множество величинъ, хотя въ дѣйствительности оно въ каждый данный моментъ занимаетъ одно только положеніе. Для этого достаточно только, чтобы для каждаго даннаго момента двѣ

допустимыя величины долготы и двѣ величины широты различались между собой не болѣе чѣмъ на 1'.

Попытаемся теперь найти законъ движенія солнца, т. е. получить двѣ формулы, которыя дадутъ намъ возможность въ каждый данный моментъ вычислить долготу и широту солнечнаго центра. Не очевидно ли, что для того, чтобы представить измѣненія долготы, какъ функцію времени, мы можемъ воспользоваться не одной исключительно формулой, а безчисленнымъ множествомъ различныхъ формулъ, при томъ условіи, что формулы эти дадутъ намъ величины долготы, которыя будутъ различаться между собой на величину, меньшую 1'. Не очевидно ли, что то же самое получится при опредѣленіи широты. Наши наблюденія, слѣдовательно, надъ движеніемъ солнца могутъ быть одинаково хорошо выражены безчисленнымъ множествомъ различныхъ законовъ. Всѣ эти различные законы будутъ выражены въ уравненіяхъ, которыя алгебра признаетъ несовмѣстимыми, въ такихъ уравненіяхъ, что, если одно изъ нихъ соотвѣтствуетъ дѣйствительности, то всѣ остальныя ей не соотвѣтствуютъ. На воображаемомъ небесномъ сводѣ имъ будутъ соотвѣтствовать различныя кривыя и было бы абсурдомъ сказать, что одна и та же точка, въ одно и то же время можетъ описывать хотя бы двѣ изъ этихъ кривыхъ. Для физика же всѣ эти законы въ равной мѣрѣ пріемлемы, ибо они всѣ опредѣляютъ положеніе солнца съ приближеніемъ, не превышающимъ степени приблизительности наблюденія. Физикъ, поэтому, не имѣетъ права сказать, что истиненъ одинъ только изъ этихъ законовъ съ исключеніемъ всѣхъ остальныхъ.

Конечно, среди этихъ законовъ физикъ въ правѣ выбрать одинъ какой-нибудь и въ общемъ онъ такъ и сдѣлаетъ. Но мотивы, которыми онъ будетъ руководствоваться, дѣлая тотъ или другой выборъ, не будутъ такого рода, не будутъ представляться ему со столь повелительной необходимостью, какъ мотивы, которые заставляютъ его предпочесть истину лжи.

Онъ выберетъ одну какую-нибудь формулу потому, что она проще другихъ. Слабость нашего ума заставляетъ насъ приписывать большое значеніе соображеніямъ этого рода. Было время, когда физики принимали, что разумъ Творца страдаетъ той же слабостью, когда простота законовъ природы считалась догматомъ, не подлежащимъ ни малѣйшему сомнѣнію, догматомъ, во имя котораго осуждался каждый законъ, выраженный въ слишкомъ сложномъ алгебраическомъ уравненіи, а простота закона обезпечивала за нимъ

достовѣрность и значеніе, выходившія далеко за предѣлы экспериментальныхъ методовъ, при помощи которыхъ онъ былъ найденъ. Вотъ тогда Лапласъ, говоря о законѣ двойного преломленія, открытомъ Гюйгенсомъ, сказалъ [1]: «До сихъ поръ законъ этотъ былъ лишь результатомъ наблюденія, близкимъ къ истинѣ въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія, отъ которыхъ не свободны самые точные результаты. Но теперь простота закона дѣйствія, отъ котораго онъ зависитъ, заставляетъ насъ разсматривать его, какъ строго точный законъ». Но теперь это время миновало. Прелесть простыхъ формулъ насъ не вводитъ больше въ заблужденіе и мы не видимъ больше въ ней свидѣтельства большей достовѣрности закона.

Физикъ предпочтетъ въ настоящее время одинъ законъ другому прежде всего тогда, когда онъ будетъ вытекать изъ теорій, которыя онъ принимаетъ. Отъ теоріи всемірнаго тяготѣнія, напримѣръ, онъ будетъ требовать, чтобы она указывала ему, какія формулы онъ долженъ предпочесть изъ всѣхъ тѣхъ, въ которыхъ можетъ быть выражено движеніе солнца. Но физическія теоріи представляютъ собой лишь средства для классификаціи и связи приблизительныхъ законовъ, которымъ подчинены данныя опыта. Поэтому, теоріи не могутъ видоизмѣнить природы этихъ экспериментальныхъ законовъ, онѣ не могутъ сдѣлать ихъ абсолютно истинными.

Итакъ, всякій физическій законъ есть законъ приблизительный. Вслѣдствіе этого онъ для строгаго логика не можетъ быть ни правильнымъ, ни ложнымъ. Всякій другой законъ, выражающій тѣ же данныя опыта съ тѣмъ же приближеніемъ, можетъ съ тѣмъ же основаніемъ, какъ первый, претендовать на титулъ истиннаго закона или—правильнѣе выражаясь—закона пріемлемаго.

§ III.—Всякій физическій законъ есть приблизительный и потому временный и относительный законъ.

Характернымъ для закона является то, что онъ твердо установленъ и абсолютенъ. Если какое-нибудь положеніе есть законъ, то оно является таковымъ только потому, что вѣрное сегодня, оно будетъ таковымъ и завтра, вѣрное для одного оно вѣрно и для другого. Не будетъ ли, поэтому, противорѣчіемъ ска-

---

[1]) Laplace: Exposition du systéme du monde 1. IV, c. XVIII: „De l'attraction moléculaire".

зать о законѣ, что это законъ временный, что онъ можетъ быть принятъ однимъ и отвергнутъ другимъ? Безъ сомнѣнія, если подъ законами понимать такіе законы, съ которыми насъ знакомитъ обыкновенный здравый смыслъ, о которыхъ можно сказать въ прямомъ значеніи этихъ словъ, что они вѣрны. Такой законъ не можетъ быть *вѣрнымъ сегодня* и *невѣрнымъ* завтра, вѣрнымъ для васъ и невѣрнымъ для меня. Напротивъ, никакого противорѣчія не будетъ, если подъ законами понимать тѣ законы, которые мы находимъ въ физикѣ выраженными въ математической формулѣ. Такой законъ есть всегда законъ временный. Это не значитъ, конечно, что физическій законъ вѣренъ въ теченіе опредѣленнаго времени и затѣмъ *становится невѣрнымъ*, ибо онъ ни въ одинъ моментъ ни вѣренъ, ни невѣренъ. Это законъ временный, ибо факты, къ которымъ онъ примѣняется, онъ изображаетъ съ приближеніемъ, которое физики въ настоящее время считаютъ достаточнымъ, но которое завтра можетъ перестать ихъ удовлетворять. Такой законъ есть всегда законъ относительный и не потому, что онъ для одного физика вѣренъ, для другого нѣтъ, а потому, что степень его приближенія достаточна для того примѣненія, которое хочетъ изъ него сдѣлать одинъ физикъ, и недостаточна для того, которое хочетъ изъ него сдѣлать другой физикъ.

Мы сказали уже выше, что степень приблизительности какого-нибудь эксперимента не есть нѣчто, разъ навсегда установленное. Она возрастаетъ по мѣрѣ того, какъ инструменты становятся болѣе совершенными, какъ причины ошибокъ все болѣе избѣгаются или по мѣрѣ того, какъ поправки становятся болѣе точными, давая лучшіе результаты. По мѣрѣ того, какъ улучшаются экспериментальные методы, неопредѣленность абстрактнаго символа, который физическій экспериментъ связываетъ съ конкретнымъ фактомъ, становится все меньше. Многія символическія сужденія, которыя въ одну эпоху считались хорошими описаніями опредѣленнаго конкретнаго факта, оказываются въ другую эпоху уже недостаточными для точной характеристики этого факта. Такъ, напримѣръ, астрономы одного столѣтія могли считать достаточными для опредѣленія положенія солнечнаго центра въ данный моментъ всѣ величины долготы и широты, различавшіяся между собой на величину не болѣе 1′. Астрономы слѣдующаго столѣтія могли обладать телескопами лучшаго качества, кругами съ болѣе дробными дѣленіями, методами наблюденія болѣе тщательными и точными.

На этомъ основаніи они и потребовали, чтобы различныя опредѣленія долготы солнечнаго центра въ какой-нибудь данный моментъ, какъ и различныя опредѣленія широты его въ тотъ же моментъ различались между собой на величину не болѣе 10″; и вотъ безчисленное множество опредѣленій, которыми предшественники ихъ были довольны, было ими отвергнуто.

По мѣрѣ того, какъ неопредѣленность результатовъ эксперимента становится меньше, уменьшается и неопредѣленность формулъ, служащихъ для обобщеннаго описанія этихъ результатовъ. Одно столѣтіе принимало въ качествѣ закона движенія солнца цѣлую группу формулъ, которая въ каждый данный моментъ давала координаты центра солнца съ точностью до одной минуты. Слѣдующее столѣтіе ставитъ каждому закону движенія солнца то условіе, чтобы координаты центра солнца были даны съ точностью 10″. Безчисленное множество законовъ, полученныхъ въ первое столѣтіе, будетъ отвергнуто во второмъ.

Этотъ временный характеръ законовъ физики бросается въ глаза на каждомъ шагу, если прослѣдить исторію этой науки Для Дюлонга и Араго, какъ и для современниковъ ихъ, законъ Маріотта былъ пріемлемой формой закона сжимаемости газовъ, потому что онъ изображалъ факты опыта съ отклоненіями, меньшими, чѣмъ возможныя ошибки методовъ наблюденія, бывшихъ въ ихъ распоряженіи. Когда Реньо улучшилъ аппараты и экспериментальные методы, законъ Маріотта пришлось отвергнуть: отклоненія, которыми отличались его показанія отъ результатовъ наблюденія, были гораздо больше, чѣмъ та степень неточности, которая была присуща новымъ аппаратамъ.

Представьте себѣ теперь двухъ физиковъ одной эпохи, изъ которыхъ одинъ находится въ условіяхъ, въ которыхъ находился Реньо, а другой въ условіяхъ, въ которыхъ находились Дюлонгъ и Араго: одинъ изъ нихъ обладаетъ весьма точными аппаратами и онъ хочетъ дѣлать весьма точныя наблюденія, а другой обладаетъ лишь грубыми инструментами, но не претендуетъ на большую точность изслѣдованій. Одинъ изъ нихъ отвергнетъ законъ Маріотта, а другой приметъ его.

Болѣе того. Случается и такъ, что одинъ и тотъ же физикъ одинъ и тотъ же физическій законъ то принимаетъ, то отвергаетъ въ одной и той же работѣ. Если бы какой-нибудь физическій законъ могъ быть названъ истиннымъ или ложнымъ, это было бы страннымъ ложнымъ заключеніемъ: одно и то же положеніе утвер-

ждалось бы и отрицалось бы въ одно и то же время, что составляетъ формальное противорѣчіе.

Ренье, напримѣръ, работая надъ изслѣдованіями сжимаемости газовъ, ставитъ себѣ цѣлью замѣнить законъ Маріотта формулой болѣе точной. Во время этихъ опытовъ ему нужно узнать атмосферное давленіе на высотѣ свободной поверхности ртути въ его манометрѣ. Это давленіе онъ пробуетъ опредѣлить по формулѣ Лапласа, а въ основѣ этой формулы лежитъ законъ Маріотта. Здѣсь, однако, нѣтъ еще ложнаго заключенія, нѣтъ еще никакого противорѣчія: Ренье знаетъ, что ошибка, внесенная въ вычисленія этимъ спеціальнымъ примѣненіемъ закона Маріотта, гораздо меньше, чѣмъ степень ненадежности экспериментальныхъ методовъ, которыми онъ пользуется.

Будучи лишь закономъ приблизительнымъ, всякій физическій законъ зависитъ отъ прогресса науки, который, усиливъ точность экспериментовъ, дѣлаетъ недостаточной степень приблизительности закона. Такимъ образомъ, физическій законъ есть по существу своему законъ временный. Оцѣнка его значенія измѣняется отъ физика къ физику въ зависимости отъ средствъ наблюденія, находящихся въ ихъ распоряженіи, и отъ точности ихъ изслѣдованій. Такимъ образомъ, физическій законъ есть по существу своему законъ относительный.

§ IV. — Всякій физическій законъ есть символическій и потому временный законъ.

Но не только потому физическій законъ есть законъ временный, что онъ приблизительный, но и потому, что онъ и символическій законъ. Всегда бываютъ случаи, когда символы, на которыхъ онъ основанъ, не способны болѣе изобразить реальную дѣйствительность удовлетворительнымъ образомъ.

Чтобы изучить какой-нибудь газъ, кислородъ, напримѣръ, физикъ создалъ схематическій символъ, доступный математическимъ разсужденіямъ и алгебраическимъ вычисленіямъ. Онъ посмотрѣлъ на этотъ газъ, какъ на одну изъ совершенныхъ жидкостей, изучаемыхъ въ механикѣ, имѣющую опредѣленную плотность, опредѣленную температуру и находящуюся подъ опредѣленнымъ давленіемъ. Между этими тремя элементами: плотностью, температурой и давленіемъ онъ установилъ извѣстное отношеніе, которое онъ выразилъ въ извѣстномъ уравненіи: вотъ это и есть законъ

сжатія и расширенія кислорода. Можемъ ли мы считать этотъ законъ разъ навсегда установленнымъ?

Нашъ физикъ помѣщаетъ кислородъ между двумя пластинами сильно заряженнаго электричествомъ конденсатора. Онъ опредѣляетъ плотность, температуру и давленіе газа и оказывается, что величины этихъ трехъ элементовъ не подтверждаютъ закона сжатія и расширенія кислорода. Приходитъ ли физикъ въ изумленіе, найдя въ своемъ законѣ несовершенства? Появляются ли у него тогда сомнѣнія въ непреложности законовъ природы? Ничуть не бывало. Онъ говоритъ себѣ, что оказавшееся несовершеннымъ отношеніе есть отношеніе символическое, относящееся не къ реальному и конкретному газу, надъ которымъ онъ производитъ свои манипуляціи, а къ извѣстному абстрактному образу, къ нѣкоторому схематическому газу, который характеризуется своей плотностью, температурой и давленіемъ, подъ которымъ онъ находится. Онъ говоритъ себѣ, что схема эта была слишкомъ проста, слишкомъ несовершенна, безъ сомнѣнія, для того, чтобы изображать свойства реальнаго газа, находящагося въ условіяхъ, въ которыхъ онъ дѣйствительно находится въ данный моментъ. Онъ старается тогда дополнить схему, сдѣлать ее болѣе способной изображать дѣйствительность. Онъ не довольствуется уже одной характеристикой символическаго кислорода черезъ его плотность, температуру и давленіе, подъ которымъ онъ находится, а онъ приписываетъ ему еще извѣстное свойство діэлектрика. Онъ вводитъ тогда въ конструкцію новой схемы интенсивность электрическаго поля, въ которомъ газъ находится. Онъ подвергаетъ этотъ болѣе полный символъ новымъ изслѣдованіямъ и получаетъ законъ сжимаемости діэлектрически поляризованнаго кислорода. Это уже законъ гораздо болѣе сложный, чѣмъ прежній. Прежній входитъ въ него, какъ частный его случай, но, будучи болѣе полнымъ, новый законъ находитъ подтвержденіе въ случаяхъ, когда прежній не находилъ подтвержденія.

И тѣмъ не менѣе можно ли считать этотъ новый законъ разъ на всегда установленнымъ?

Возьмемъ газъ, къ которому онъ примѣняется, и помѣстимъ его между полюсами электромагнита, и новый законъ будетъ въ свою очередь опровергнутъ экспериментомъ. Но не подумайте, что это новое опроверженіе приведетъ въ изумленіе физика. Онъ знаетъ, что онъ имѣетъ дѣло съ символическимъ отношеніемъ и что созданный имъ символъ въ извѣстныхъ случаяхъ есть вѣрное изображеніе дѣйствительности, но вовсе не долженъ быть эквивалентенъ ей при

всѣхъ условіяхъ. Не обезкураженный этимъ, онъ снова берется за свою схему, изображающую газъ, надъ которымъ онъ экспериментируетъ, и одаряетъ ее новыми чертами, чтобы она могла соотвѣтствовать всѣмъ установленнымъ фактамъ. Этого уже недостаточно, чтобы газъ имѣлъ опредѣленную плотность, извѣстную температуру, обнаруживалъ извѣстныя діэлектрическія свойства, чтобы на него производилось извѣстное давленіе и чтобы онъ находился въ электрическомъ полѣ опредѣленной интенсивности. Онъ приписываетъ ему еще, кромѣ того, извѣстный коэффиціентъ намагничиванія. Онъ даетъ отчетъ о магнитномъ полѣ, въ которомъ газъ находится. Объединивъ всѣ эти элементы въ одну группу формулъ, онъ получаетъ законъ сжатія и расширенія поляризованнаго и намагниченнаго газа. Такимъ образомъ онъ получаетъ законъ еще болѣе сложный, но болѣе многообъемлющій, чѣмъ прежніе. Этотъ законъ подтверждается въ безчисленномъ множествѣ случаевъ, въ которыхъ тѣ не подтверждались, но тѣмъ не менѣе это все еще законъ временный. Настанетъ когда-нибудь день—физикъ предвидитъ его,—когда окажутся на лицо условія, при которыхъ и этотъ законъ въ свою очередь будетъ опровергнутъ. Въ этотъ день придется снова заняться символическимъ изображеніемъ изучаемаго газа, придется присоединить новые элементы для его характеристики и создать новый, еще болѣе многообъемлющій законъ. Созданный теоріей математическій символъ пригнанъ къ дѣйствительности такъ, какъ рыцарскіе доспѣхи къ тѣлу рыцаря. Чѣмъ сложнѣе эти доспѣхи, тѣмъ болѣе гибкимъ, какъ будто. становится твердый металлъ. Чѣмъ больше число частей, покрывающихъ его тѣло, подобно чешуѣ, тѣмъ совершеннѣе контактъ между сталью и тѣломъ. Тѣмъ не менѣе, какъ бы ни было велико число частей, никогда доспѣхи не станутъ точной моделью человѣческаго тѣла.

Я знаю, что мнѣ могутъ возразить. Мнѣ могутъ сказать, что законъ сжатія и расширенія газа, формулированный въ самомъ началѣ, никогда и не опровергается позднѣйшими опытами, что онъ остается закономъ, по которому кислородъ сжимается и расширяется, когда онъ свободенъ отъ всякаго электрическаго или магнитнаго дѣйствія. Изслѣдованія физика показали намъ только, что къ этому закону, все значеніе котораго сохраняется, приходится присоединить еще законъ сжатія наэлектризованнаго газа и законъ сжатія намагниченнаго газа.

Даже тѣ, которые смотрятъ на вещи именно такимъ образомъ, должны признать, что первоначальный законъ могъ-бы дать поводъ

къ большимъ ошибкамъ, если излагать его безъ оговорокъ. Область, въ которой онъ остается правильнымъ, должна быть ограничена слѣдующими двумя оговорками: газъ свободенъ отъ всякаго электрическаго и всякаго магнитнаго дѣйствія. Но необходимость этихъ ограниченій обнаружилась не сейчасъ, а оказалась на лицо послѣ экспериментовъ, о которыхъ мы говорили выше. Но развѣ это единственныя ограниченія, необходимыя въ немъ? Не обнаружатъ ли опыты, которые будутъ произведены въ будущемъ, необходимость и въ другихъ ограниченіяхъ, не менѣе существенныхъ, чѣмъ эти? Какой физикъ осмѣлится высказать такое мнѣніе, осмѣлится утверждать, что въ современной намъ формѣ законъ этотъ не временный, а разъ на всегда установленный?

Законы физики суть законы временные потому, что символы, на которыхъ они основаны, слишкомъ просты, чтобы въ совершенствѣ представлять дѣйствительность. Постоянно оказываются на лицо такія условія, при которыхъ символъ перестаетъ изображать конкретныя вещи, при которыхъ законъ перестаетъ точно соотвѣтствовать явленіямъ. Вотъ почему выраженіе закона должно всегда сопровождаться ограниченіями, позволяющими устранять эти условія. Уясненіе этихъ ограниченій и есть прогрессъ физики. Никогда нельзя утверждать, что реестръ этихъ ограниченій полонъ, что никакого пополненія, никакого улучшенія быть не можетъ.

Эта работа постоянныхъ улучшеній, благодаря которой законы физики все болѣе и болѣе становятся недоступными опроверженію со стороны данныхъ опыта, играетъ весьма важную, весьма существенную роль въ развитіи науки. Да позволено намъ будетъ, поэтому, остановиться на ней еще немного и изучить ходъ ея на второмъ еще примѣрѣ.

Изъ всѣхъ физическихъ законовъ наилучшимъ образомъ, безъ сомнѣнія, подтверждается безчисленными своими послѣдствіями законъ всемірнаго тяготѣнія. Самыя точныя наблюденія надъ движеніями звѣздъ не обнаружили до сихъ поръ ни малѣйшей ошибки въ немъ. И тѣмъ не менѣе есть ли это законъ, разъ навсегда установленный? Нѣтъ, это временный законъ, который приходится безпрестанно видоизмѣнять и дополнять, чтобы онъ оставался въ согласіи съ данными опыта.

Передъ нами сосудъ съ водой. Законъ всемірнаго тяготѣнія знакомитъ насъ съ силой, дѣйствующей на каждую изъ частичекъ этой воды. Сила эта есть вѣсъ частички. Механика намъ сообщаетъ, какую форму должна принять вода: какова бы ни была при-

рода и форма сосуда, вода должна быть ограничена всегда горизонтальной плоскостью. Разсмотримъ поближе поверхность воды. На опредѣленномъ разстояніи отъ краевъ сосуда она горизонтальна, но не у самыхъ краевъ его. Здѣсь она нѣсколько возвышается, въ узкой трубкѣ она очень поднимается и вся поверхность становится вогнутой. Итакъ, законъ всемірнаго тяготѣнія здѣсь оказывается несостоятельнымъ. Для того, чтобы явленія капиллярности не опровергали этого закона, необходимо его нѣсколько видоизмѣнить. Формулу, согласно которой сила тяготѣнія обратно пропорціональна квадрату разстоянія между тѣлами, приходится разсматривать не какъ точную, а только какъ приблизительную формулу. Приходится принять, что формула эта съ достаточной точностью выражаетъ лишь тяготѣніе двухъ удаленныхъ другъ отъ друга матеріальныхъ частичекъ, но она оказывается неправильной, когда рѣчь идетъ о взаимномъ притяженіи двухъ весьма мало удаленныхъ другъ отъ друга элементовъ. Необходимо ввести въ уравненія нѣкоторый дополнительный членъ, вслѣдствіе чего они становятся, правда, болѣе сложными, но зато и способными выразить болѣе обширный классъ явленій и обнять въ одномъ законѣ и движенія звѣздъ и дѣйствія капиллярности.

Этотъ законъ будетъ уже болѣе многообъемлющимъ, чѣмъ законъ Ньютона, но и онъ не обезпеченъ отъ всякаго противорѣчія. Если въ двухъ различныхъ мѣстахъ жидкой массы погрузить металлическія проволоки, ведущія къ двумъ полюсамъ батареи, законы капиллярности оказываются въ противорѣчіи съ данными наблюденія. Чтобы устранить это противорѣчіе, необходимо снова взяться за формулу, выражающую дѣйствія капиллярности, видоизмѣнить и дополнить ее, принимая во вниманіе электрическіе заряды, скопляющіеся на частицахъ жидкости, и силы, дѣйствующія между этими наэлектризованными частицами. Такъ, эта борьба между дѣйствительностью и физическими законами продолжается непрерывно до безконечности. Всякій законъ, сформулированный физикой, раньше или позже встрѣтитъ безпощадное опроверженіе со стороны дѣйствительности. Но неустанно физика будетъ вводить улучшенія въ опровергнутый законъ, видоизмѣнять и усложнять его, замѣнять его закономъ болѣе многообъемлющимъ, подъ который удастся подвести и выдвигаемое дѣйствительностью исключеніе.

Вотъ въ этой непрестанной борьбѣ, въ этой работѣ, въ которой законы постоянно совершенствуются, чтобы они могли подчинить себѣ и исключенія, и заключается прогрессъ физики. Законы

тяжести оказались несостоятельными передъ кускомъ янтаря, натертымъ шерстью, и физика должна была создать законы электростатики. Вопреки тѣмъ же законамъ тяжести, магнитъ поднялъ кусокъ желѣза вверхъ, и пришлось формулировать законы магнитизма. Эрстедъ нашелъ исключеніе изъ законовъ электростатики и магнитизма, и явился Амперъ со своими законами электродинамики и электромагнитизма. Развитіе физики идетъ не какъ развитіе геометріи, гдѣ къ вполнѣ установленнымъ, безспорнымъ положеніямъ присоединяются новыя. Нѣтъ, здѣсь опытъ констатируетъ непрерывно новыя противорѣчія между законами и фактами дѣйствительности, а физики неустанно улучшаютъ и видоизмѣняютъ законы, чтобы они точнѣе выражали эти факты.

§ V.—Физическіе законы болѣе детальны, чѣмъ обычные законы здраваго смысла.

Законы, сформулированные на основаніи данныхъ обыкновеннаго ненаучнаго опыта, суть общія сужденія, смыслъ которыхъ непосредственно очевиденъ. Когда передъ нами одно изъ такихъ сужденій, мы можемъ задаться вопросомъ: истинно ли оно? Часто отвѣтить на этотъ вопросъ не трудно. Во всякомъ случаѣ отвѣтъ на него гласитъ: да или нѣтъ. Законъ, объявленный истиннымъ, остается таковымъ во всѣ времена и для всѣхъ людей; это законъ—разъ навсегда установленный и абсолютный.

Другое дѣло—законы научные, основанные на опытахъ физики. Это—символическія отношенія, смыслъ которыхъ остается непонятнымъ для человѣка, незнакомаго съ физическими теоріями. Будучи символическими, законы эти никогда не бываютъ ни истинными, ни ложными. Подобно экспериментамъ, на которыхъ они основаны, они всегда только приблизительны. Приблизительность какого-нибудь закона, достаточная сегодня, можетъ оказаться недостаточной завтра, благодаря прогрессу экспериментальныхъ методовъ. Удовлетворяя одного физика, они могутъ оказаться недостаточными для удовлетворенія другого. Такимъ образомъ, законъ физики есть всегда законъ временный и относительный. Онъ законъ временный и потому еще, что онъ устанавливаетъ связь не между реальностями, а между символами, и что всегда оказываются случаи, въ которыхъ символъ перестаетъ соотвѣтствовать дѣйствительности. Поэтому, законы физики могутъ быть сохранены только при условіи непрестанной работы надъ улучшеніемъ и видоизмѣненіемъ ихъ.

Поэтому, проблема цѣнности законовъ физики ставится совсѣмъ другимъ образомъ, это—проблема безконечно болѣе сложная и болѣе тонкая, чѣмъ проблема достовѣрности законовъ здраваго смысла. Иной читатель, можетъ быть, сдѣлаетъ отсюда тотъ неожиданный выводъ, что знаніе законовъ физики составляетъ низшую ступень науки, чѣмъ простое знаніе законовъ здраваго смысла. Тѣмъ, кто попытается изъ приведенныхъ выше разсужденій сдѣлать этотъ парадоксальный выводъ, достаточно будетъ отвѣтить то, что мы говорили уже о научныхъ экспериментахъ вообще: физическій законъ обладаетъ гораздо менѣе непосредственной достовѣрностью, гораздо труднѣе поддающейся опредѣленію, чѣмъ законъ здраваго смысла, но зато онъ превосходитъ этотъ послѣдній болѣе пунктуальной точностью и детальностью своихъ предсказаній.

Вернемся теперь къ упомянутому уже выше закону здраваго смысла: въ Парижѣ солнце ежедневно восходитъ на востокѣ, движется вверхъ по небесному своду и заходитъ на западѣ. Стоитъ намъ сравнить этотъ законъ съ формулами, по которымъ въ каждый моментъ можно опредѣлить координаты центра солнца съ точностью чуть ли не до одной секунды, чтобы согласиться съ этой характеристикой физическаго закона.

Этой точности въ деталяхъ законы физики могутъ достичь, только пожертвовавъ кое чѣмъ изъ разъ навсегда установленной и абсолютной достовѣрности законовъ здраваго смысла. Между точностью и достовѣрностью существуетъ извѣстное компенсирующее отношеніе: одна можетъ возрастать только съ убываніемъ другой. Горнорабочій, показывая на камень, можетъ утверждать безъ замедленій, безъ всякихъ ограниченій, что въ этомъ камнѣ находится золото. Но химикъ, показывая мнѣ на блестящій слитокъ, и говоря: это чистое золото, долженъ прибавить слѣдующую поправку: или почти чистое; онъ не можетъ утверждать, что въ слиткѣ нѣтъ незамѣтныхъ слѣдовъ другого вещества.

Человѣкъ можетъ поклясться, что онъ говоритъ правду, но не въ его власти сказать всю правду и только правду. «Истина есть такая микроскопическая точка, что инструменты наши слишкомъ грубы для того, чтобы точно установить ее. Достигнувъ ея, они распластываютъ ее и тогда они больше чѣмъ на ней, больше чѣмъ на истинномъ, лежатъ на *ложномъ*, что ее окружаетъ» [1]).

---

[1]) Pascal: Pensées, edition Havet, art. III, nº 3.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Физическая теорія и экспериментъ.

§ 1.—Экспериментальный контроль теоріи не обладаетъ въ физикѣ той же логической простотой, какъ въ физіологіи.

Физическая теорія имѣетъ одну только цѣль—дать описаніе и классификацію экспериментально установленныхъ законовъ. Единственное испытаніе, позволяющее судить о физической теоріи, признать ее хорошей или плохой, есть сравненіе между выводами изъ этой теоріи и экспериментально установленными законами, которые эта теорія должна описать и сгруппировать. Подвергнувъ тщательному и точному анализу признаки физическаго эксперимента и физическаго закона, мы теперь можемъ перейти къ установленію тѣхъ принциповъ, которыми необходимо руководствоваться при сравненіи эксперимента съ теоріей. Мы теперь можемъ сказать, какъ узнать, подтверждается ли данная теорія фактами или нѣтъ.

Многіе философы, говоря о наукахъ экспериментальныхъ, имѣютъ въ виду лишь такія науки, развитіе которыхъ не очень далеко ушло впередъ, каковы физіологія, нѣкоторыя отрасли химіи, гдѣ изслѣдователь обсуждаетъ непосредственно факты, гдѣ методъ, которымъ онъ пользуется, есть лишь методъ здраваго смысла, пробужденнаго лишь къ большему вниманію, гдѣ математическая теорія не ввела еще своихъ символическихъ образовъ. Въ такихъ наукахъ сравненіе между выводами изъ теорій и экспериментальными фактами, подчинено весьма простымъ правиламъ. Правила эти были очень ясно формулированы Клодомъ Бернаромъ, который свелъ ихъ къ слѣдующему единственному принципу [1]): «экспери-

[1]) Claude Bernard: Introduction à la Médecine expérimentale. Paris, 1865; стр. 63.

ментаторъ долженъ сомнѣваться, избѣгать разъ навсегда установленныхъ идей и всегда стоять на стражѣ свободы своей мысли».

«Первое условіе, которому долженъ удовлетворять ученый, посвящающій себя изслѣдованію явленій природы, заключается въ томъ, чтобы стоять на стражѣ полной свободы мысли, покоющейся на философскомъ сомнѣніи».

Теорія должна только быть источникомъ побужденій къ производству экспериментовъ. «Мы можемъ слѣдовать влеченію нашихъ чувствъ, какъ и нашимъ мыслямъ, мы можемъ давать свободу нашей фантазіи, лишь бы только всѣ наши мысли давали толчекъ къ новымъ экспериментамъ, приводящимъ къ установленію фактовъ, убѣдительныхъ или необходимыхъ и плодотворныхъ» [1]. Разъ опытъ произведенъ и результаты его ясно установлены, теоріи остается только обобщить и связать ихъ и на этой основѣ создать проекты новыхъ опытовъ и больше ничего. «Разъ человѣкъ проникся принципами экспериментальнаго метода, ему нечего опасаться. Ибо если идея вѣрна, ее продолжаютъ развивать; когда же она ошибочна, то на то и есть опытъ, чтобы исправить ее» [2]. Но пока продолжается экспериментъ, теорія должна оставаться за запертыми дверьми лабораторіи. Она должна соблюдать тишину и не мѣшать ученому, оставляя его съ глазу на глазъ съ фактами. Факты эти должны наблюдаться безъ предвзятаго мнѣнія, собираться съ одинаковой скрупулезной безпартійностью, безразлично, подтверждаютъ ли они предсказанія теоріи или противорѣчатъ имъ. Отчетъ, который даетъ намъ наблюдатель о своемъ экспериментѣ, долженъ быть вѣрнымъ и скрупулезно точнымъ отраженіемъ явленій. Здѣсь и намека не должно быть о томъ, какой системы придерживается ученый и къ какой онъ относится съ недовѣріемъ.

«Люди, питающіе слишкомъ преувеличенное довѣріе къ своимъ теоріямъ или къ своимъ мыслямъ, не только мало способны дѣлать открытія, но они и очень плохо наблюдаютъ. Они производятъ свои наблюденія всегда съ какой-нибудь предвзятой идеей и иначе наблюдать не могутъ. Производя какой-нибудь опытъ, они хотятъ увидѣть въ результатахъ его только одно—подтвержденіе своей теоріи. Поэтому, они искажаютъ наблюденіе и часто пренебрегаютъ фактами весьма важными только потому, что эти факты не соотвѣтствуютъ ихъ цѣли. Вотъ именно это побудило насъ раньше

---

[1]) Claude Bernard, loc. cit., стр. 64.

[2]) Claude Bernard, loc. cit., стр. 70.

сказать, что никогда не слѣдуетъ дѣлать опытовъ для подтвержденія своихъ идей, а исключительно для того, чтобы провѣрить ихъ... Но весьма естественно и то, что люди, которые слишкомъ вѣрятъ въ свои теоріи, не вѣрятъ въ чужія. Такіе люди смотрятъ на другихъ людей сверху внизъ и заняты одной только мыслью—найти въ теоріяхъ другихъ ошибки и противорѣчія. Но это остается одинаково невыгоднымъ для науки. Они производятъ свои эксперименты только для того, чтобы разрушить какую-нибудь теорію, а не для того, чтобы найти истину. Они производятъ плохія наблюденія, ибо они вводятъ въ результаты своихъ опытовъ лишь то, что находится въ согласіи съ цѣлью, которую они себѣ ставятъ, опуская все, что не находится съ ней ни въ какой связи, и тщательно устраняя все, что находится въ согласіи съ идеей, которую они оспариваютъ. Такъ, двумя противоположными путями приходятъ они къ одному и тому же результату — къ фальсификаціи науки и фактовъ».

«Выводъ изъ всего этого тотъ, что передъ данными опыта нужно заставить умолкнуть не только чужое мнѣніе, но и свое собственное..; что необходимо принимать результаты опыта такими, какими они даются со всѣми непредвидѣнными сторонами и всѣми случайностями» [1]).

Вотъ, напримѣръ, физіологъ. Онъ принимаетъ, что въ переднихъ корешкахъ спинного мозга находятся двигательныя нервныя волокна, а въ заднихъ—чувствительныя. Подъ вліяніемъ теоріи, которую онъ принимаетъ, онъ придумываетъ экспериментъ: если онъ перерѣжетъ передніе корешки, то извѣстная часть тѣла должна терять двигательную способность, не потерпѣвъ ни малѣйшаго ущерба въ чувствительности. Перерѣзавъ этотъ корешокъ, онъ наблюдаетъ результатъ своей операціи. Давая отчетъ объ этихъ наблюденіяхъ, онъ долженъ отвлечься отъ всѣхъ своихъ идей касательно физіологіи мозга. Его отчетъ долженъ быть голымъ описаніемъ фактовъ. Онъ не долженъ обходить молчаніемъ ни одного движенія, ни одной судороги, которыя противорѣчили бы его предвидѣнію. Если таковое наблюдается, онъ не можетъ приписать его какой-либо вторичной причинѣ, если спеціальный экспериментъ не обнаружилъ этой причины съ полной очевидностью. Если онъ хочетъ быть свободнымъ отъ упрека въ научной нечестности, онъ долженъ добиться абсолютнаго раздѣленія, онъ долженъ построить

[1]) Claude Bernard, loc. cit. 67.

непроницаемую стѣну между выводами изъ своихъ теоретическихъ дедукцій и фактами, которые онъ констатировалъ при своихъ опытахъ.

Слѣдовать такому правилу вовсе не легко. Оно требуетъ отъ ученаго абсолютнаго отрѣшенія отъ собственныхъ своихъ чувствъ, полнаго отсутствія вражды къ мнѣнію другого. Тщеславіе и зависть должны быть ему совершенно чужды. Какъ говоритъ Бэконъ, «глаза его никогда не должны увлажняться подъ вліяніемъ страстей человѣческихъ». Свобода мысли, составляющая по Клодъ Бернару, единственный принципъ экспериментальнаго метода, зависитъ не только отъ условій интеллектуальныхъ, но и отъ условій моральныхъ, вслѣдствіе чего она на практикѣ представляетъ собой явленіе тѣмъ болѣе рѣдкое и болѣе достойное похвалы.

Но если экспериментальный методъ, какъ мы его описываемъ, трудно примѣнять, то зато логическій анализъ его весьма простъ. Этого нельзя сказать, когда теорія, которую необходимо подчинить контролю фактовъ, есть не физіологическая, а физическая теорія. Здѣсь уже не можетъ быть и рѣчи о томъ, чтобы оставить теорію, подлежащую провѣркѣ, за дверьми лабораторіи, ибо безъ нея невозможно провѣрить ни одного инструмента, невозможно истолковать ни одного показанія инструмента. Мы видѣли уже выше, что голова физика, производящаго свои эксперименты, занята постоянно мыслями о двухъ аппаратахъ: о конкретномъ аппаратѣ,—изъ стекла, изъ металла,—которымъ онъ оперируетъ, и объ аппаратѣ схематическомъ и абстрактномъ, который теорія подставляетъ на мѣсто аппарата конкретнаго и о которомъ онъ разсуждаетъ. Идеи объ этихъ двухъ аппаратахъ неразрывно между собой связаны въ умѣ его. Каждая изъ нихъ по необходимости вызываетъ другую. Физикъ не можетъ понять конкретнаго аппарата, не связавъ съ нимъ понятія объ аппаратѣ схематическомъ, какъ французъ не можетъ понять идеи, не связавъ съ ней французскаго слова, выражающаго ее. Эта основная невозможность отдѣлить физическія теоріи отъ экспериментальныхъ методовъ, долженствующихъ служить для контроля этихъ самыхъ теорій, особенно усложняетъ этотъ контроль и обязываетъ насъ къ тщательной провѣркѣ логическаго ихъ смысла.

По правдѣ говоря, не одинъ физикъ аппелируетъ къ теоріямъ въ тотъ самый моментъ, когда онъ экспериментируетъ или излагаетъ результаты своихъ экспериментовъ. И химикъ, и физіологъ, когда они пользуются физическими инструментами—термометромъ,

манометромъ, калориметромъ, гальванометромъ, сахарометромъ,—implicite принимаютъ точность теорій, оправдывающихъ пользованіе этими аппаратами,—теорій, придающихъ лишь опредѣленный смыслъ абстрактнымъ понятіямъ температуры, давленія, количества теплоты, интенсивности тока, поляризованнаго свѣта, при помощи которыхъ совершается переводъ конкретныхъ показаній этихъ инструментовъ. Но теоріи, которыми они пользуются, какъ инструменты, *которые они примѣняютъ*, принадлежатъ къ области физики. Принимая же вмѣстѣ съ инструментами и теоріи, безъ которыхъ показанія этихъ инструментовъ были бы лишены смысла, химикъ и физіологъ оказываютъ свое довѣріе физику, допускаютъ, что онъ не ошибается. Физикъ же, напротивъ, обязанъ относиться недовѣрчиво какъ къ собственнымъ теоретическимъ идеямъ, такъ и къ идеямъ другихъ физиковъ. Съ точки зрѣнія логической разница здѣсь незначительная. Для физіолога, для химика, какъ и для физика выраженіе результата какого-нибудь эксперимента этого послѣдняго представляетъ собой въ общемъ актъ вѣры въ правильность цѣлой группы теорій.

§ II.—Физическій экспериментъ никогда не можетъ привести къ опроверженію одной какой-нибудь изолированной гипотезы, а всегда только цѣлой группы теорій.

Произведя какой-нибудь экспериментъ или давая о немъ отчетъ, физикъ implicite признаетъ правильность цѣлой группы теорій. Примемъ этотъ принципъ и посмотримъ, какія изъ него вытекаютъ слѣдствія, когда мы хотимъ оцѣнить роль и логическое значеніе физическаго эксперимента.

Во избѣжаніе смѣшенія различныхъ вещей мы будемъ различать опыты двоякаго рода: опыты прикладные, о которыхъ мы сейчасъ скажемъ пару словъ, и опыты провѣрочные, которые должны особенно занимать насъ.

Предъ нами физическая проблема, которая должна быть разрѣшена практически. Чтобы получить тотъ или другой эффектъ, мы должны воспользоваться знаніями, добытыми физиками. Мы хотимъ, напримѣръ, зажечь электрическую лампочку. Принятыя нами теоріи даютъ намъ средство для рѣшенія этой проблемы. Но для того, чтобы воспользоваться этимъ средствомъ, мы должны имѣть нѣко-

торыя свѣдѣнія. Мы должны, напримѣръ, опредѣлить электродвижущую силу батареи аккумуляторовъ, которой мы располагаемъ. Мы измѣряемъ эту электродвижущую силу, и это и есть экспериментъ прикладной. Цѣль опыта не въ томъ заключается, чтобы узнать, правильны ли допущенныя теоріи или нѣтъ, а въ томъ, чтобы извлечь извѣстную пользу изъ этихъ теорій. Чтобы добиться этой цѣли, мы и пользуемся инструментами, подтверждающими эти самыя теоріи. Здѣсь нѣтъ ничего, противнаго логикѣ.

Но не одними прикладными экспериментами занимается физикъ. Ихъ назначеніе одно: черезъ ихъ посредство наука приходитъ на помощь практикѣ. Но не ими растетъ и развивается наука. Кромѣ экспериментовъ прикладныхъ существуютъ еще эксперименты провѣрочные.

У физика возникаютъ сомнѣнія въ правильности какого-нибудь закона, въ правильности того или другого пункта какой-нибудь теоріи. Какъ ему оправдать это сомнѣніе? Какъ ему доказать неточность закона? Исходя изъ этого закона, онъ сдѣлаетъ предсказаніе о какомъ-нибудь экспериментальномъ фактѣ и затѣмъ осуществитъ условія, при которыхъ этотъ фактъ долженъ наступить. Если предсказанный фактъ не наступитъ, законъ, на основаніи котораго онъ предсказалъ этотъ фактъ, будетъ безвозвратно осужденъ.

Ф. Нейманнъ сдѣлалъ допущеніе, что колебаніе поляризованнаго свѣтового луча происходитъ параллельно плоскости поляризаціи. Многіе физики усомнились въ правильности этого положенія. Что сдѣлалъ О. Винеръ, чтобы превратить это сомнѣніе въ увѣренность, чтобы показать, что допущеніе Нейманна должно быть отвергнуто? Онъ сдѣлалъ изъ этого положенія слѣдующій выводъ: если заставить пучекъ свѣтовыхъ лучей, отраженный отъ стеклянной пластинки подъ угломъ въ 45°, интерферировать съ падающимъ пучкомъ лучей, поляризованнымъ перпендикулярно къ плоскости паденія, то должны образоваться полосы, попеременно то свѣтлыя, то темныя, параллельныя плоскости отраженія. Осуществивъ условія, при которыхъ должны образоваться эти полосы, онъ показалъ, что сказанное явленіе не наступаетъ. Отсюда онъ сдѣлалъ тотъ выводъ, что допущеніе Нейманна невѣрно, что колебаніе поляризованнаго свѣтового луча не происходитъ параллельно плоскости поляризаціи.

Подобнаго рода доказательство столь же убѣдительно, столь же

неопровержимо, какъ методъ приведенія къ абсурду, который употребляется въ математикѣ. Впрочемъ, доказательство это и есть сколокъ съ того метода, такъ какъ экспериментальное противорѣчіе играетъ здѣсь ту же роль, которую тамъ играетъ противорѣчіе логическое.

Въ дѣйствительности доказательная сила экспериментальнаго метода далеко не такъ строго точна, далеко не такъ абсолютна. Условія, въ которыхъ онъ осуществляется, гораздо сложнѣе, чѣмъ тамъ. Оцѣнка результатовъ здѣсь гораздо труднѣе и нуждается въ провѣркѣ.

Физикъ хочетъ доказать неправильность какого-нибудь положенія. Чтобы предсказать на основаніи этого положенія какое-нибудь явленіе, чтобы произвести опытъ, долженствующій показать, наступаетъ ли это явленіе или нѣтъ, чтобы истолковать результаты этого опыта и констатировать, что ожидаемое явленіе не наступило, онъ не ограничивается примѣненіемъ спорнаго положенія. Онъ пользуется еще цѣлымъ рядомъ теорій, принимаемыхъ имъ безъ спору. Предсказаніе явленія, которое должно подтвердить или устранить сомнѣнія, вытекаетъ не изъ одного этого спорнаго положенія, взятаго въ отдѣльности, а изъ этого положенія въ связи со всѣмъ этимъ рядомъ теорій. Когда явленіе не наступаетъ, то этимъ опровергается не одно только спорное положеніе, но и все теоретическое зданіе, которымъ воспользовался физикъ. Чему же учитъ насъ произведенный опытъ? Онъ учитъ только тому, что среди всѣхъ научныхъ положеній, на основаніи которыхъ явленіе было предсказано и затѣмъ констатировано, что оно не наступаетъ, имѣется, по меньшей мѣрѣ, одно неправильное. Но какое именно неправильно, этому произведенный опытъ насъ не научаетъ. Объявляетъ ли физикъ, что ошибка заключается именно въ томъ научномъ положеніи, которое онъ хотѣлъ опровергнуть? Сдѣлай онъ это, онъ тѣмъ самымъ допустилъ бы полную правильность всѣхъ другихъ научныхъ положеній, которыми онъ воспользовался. Въ такомъ случаѣ пришлось бы сказать одно: какова цѣна этого довѣрія его, такова цѣна и его заключенія.

Возьмемъ, напримѣръ, экспериментъ, придуманный Ценкеромъ, и осуществленный О. Винеромъ. Чтобы предсказать форму полосы при извѣстныхъ условіяхъ и показать, что она не появляется, Винеръ воспользовался не только знаменитымъ положеніемъ Неймана,—положеніемъ, которое онъ хотѣлъ опровергнуть,—онъ не

только допустилъ, что въ поляризованномъ лучѣ колебанія происходятъ параллельно плоскости поляризаціи, а онъ кромѣ того воспользовался еще положеніями, законами, гипотезами, входящими въ составъ оптики, всѣми принимаемой. Онъ допустилъ, что свѣтъ состоитъ изъ простыхъ періодическихъ колебаній, что эти колебанія перпендикулярны къ свѣтовому лучу, что въ каждой точкѣ интенсивность свѣта измѣряется средней живой силой колебательнаго движенія, что различныя степени этой интенсивности измѣряются дѣйствіемъ свѣта на фотографическую пластинку. Только въ связи съ этими различными положеніями и многими другими, перечислить которыя было бы слишкомъ долго, Винеръ могъ предсказать явленіе на основаніи положенія Неймання и затѣмъ констатировать, что экспериментъ опровергъ это предсказаніе. Если, по мнѣнію Винера, опроверженіе это относится только къ положенію Нейманна, если только это послѣднее положеніе должно нести отвѣтственность за обнаружившуюся ошибку, то очевидно что Винеръ считаетъ всѣ другія положенія, изъ которыхъ онъ исходилъ, внѣ всякихъ сомнѣній.

Но это довѣріе вовсе не логически необходимо. Ничто не мѣшаетъ считать положеніе Нейманна правильнымъ и вину за противорѣчіе эксперимента возложить на какое-нибудь другое положеніе общепринятой оптики. Какъ показалъ Пуанкарэ, совсѣмъ не трудно защитить гипотезу Нейманна отъ опроверженія экспериментомъ Винера, если только взамѣнъ пожертвовать гипотезой, на основаніи которой интенсивность свѣта измѣряется средней живой силы колебательнаго движенія. Можно принять, что колебаніе совершается паралелльно плоскости поляризаціи и тѣмъ не менѣе не оказаться въ противорѣчіи съ опытомъ, если только измѣрять интенсивность свѣта средней потенціальной энергіей среды, деформирующей колебательное движеніе.

Изложенные принципы имѣютъ очень большое значеніе и потому будетъ, пожалуй, не безполезно иллюстрировать ихъ еще на одномъ примѣрѣ. Выберемъ еще одинъ экспериментъ, считающійся однимъ изъ наиболѣе рѣшающихъ въ оптикѣ.

Общеизвѣстно, что Ньютонъ является авторомъ одной теоріи оптическихъ явленій, такъ называемой, эммиссіонной теоріи. Теорія эта принимаетъ, что свѣтъ состоитъ изъ безконечно тонкихъ частичекъ, отбрасываемыхъ съ чрезвычайной скоростью солнцемъ и другими источниками свѣта. Частички эти проникаютъ во всѣ прозрачныя тѣла. Различныя части тѣхъ средъ, внутри которыхъ

онѣ двигаются, оказываютъ на нихъ дѣйствія притяженія или отталкиванія. Дѣйствія эти очень сильны, когда разстояніе между дѣйствующими частичками очень мало, и исчезаютъ, когда массы, между которыми эти дѣйствія происходятъ, удалены другъ отъ друга на значительномъ разстояніи. Эти гипотезы вмѣстѣ съ нѣкоторыми другими, приводить которыя нѣтъ надобности, были положены въ основу полной теоріи отраженія и преломленія свѣта. Въ частности изъ нихъ между прочимъ вытекаетъ слѣдующее: показатель преломленія свѣта при прохожденіи луча изъ одной среды въ другую равенъ скорости свѣтовой частички внутри среды, въ которую она проникаетъ, раздѣленной на скорость той же частички внутри среды, которую она оставляетъ.

Вотъ этотъ выводъ Араго и выбралъ для того, чтобы показать, что эммиссіонная теорія находится въ противорѣчіи съ фактами. Дѣло въ томъ, что изъ этого положенія въ свою очередь вытекаетъ слѣдующее положеніе: свѣтъ движется въ водѣ быстрѣе, чѣмъ въ воздухѣ. И Араго предложилъ методъ для сравненія скорости свѣта въ водѣ и въ воздухѣ. Методъ его, правда, оказался, неосуществимымъ, но Фуко внесъ въ него нѣкоторое измѣненіе, сдѣлалъ его осуществимымъ и осуществилъ его. Оказалось, что въ водѣ свѣтъ движется медленнѣе, чѣмъ въ воздухѣ. Отсюда можно было сдѣлать вмѣстѣ съ Фуко тотъ выводъ, что эммиссіонная система несовмѣстима съ фактами.

Я говорю эммиссіонная с и с т е м а, а не эмиссіонная г и п о т е з а. Дѣйствительно, опытъ вскрылъ ошибку во всей группѣ положеній, допущенныхъ Ньютономъ и послѣ него Лапласомъ и Біо, во всей теоріи, откуда было выведено отношеніе между показателемъ преломленія и скоростью распространенія свѣта въ различныхъ средахъ. Но, осуждая эту систему въ цѣломъ, констатируя, что въ ней есть ошибка, опытъ не говоритъ намъ, гдѣ именно это ошибка. Заключается ли она въ основной гипотезѣ, что свѣтъ состоитъ изъ частичекъ, отбрасываемыхъ свѣтящимися тѣлами съ большой скоростью? Или она заключается въ какомъ нибудь другомъ допущеніи относительно дѣйствій, которымъ подвергаются свѣтящіяся частички со стороны средъ, въ которыхъ онѣ движутся? Ничего мы объ этомъ не знаемъ. Было бы безразсудно думать, что опытъ Фуко осудилъ безвозвратно самое эммиссіонную гипотезу, ассимиляцію свѣтового луча тучей свѣтящихся частичекъ, какъ это, повидимому, полагалъ Араго. Если-бы физики придавали какое-нибудь значеніе такой работѣ, имъ удалось бы обосновать на этомъ

положеніи оптическую систему, которая оказалась бы въ полномъ согласіи съ опытомъ Фуко.

Итакъ, физикъ никогда не можетъ подвергнуть контролю опыта одну какую нибудь гипотезу въ отдѣльности, а всегда только цѣлую группу гипотезъ. Когда же опытъ его оказывается въ противорѣчіи съ предсказаніями, то онъ можетъ отсюда сдѣлать лишь одинъ выводъ, а именно, что, по меньшей мѣрѣ, одна изъ этихъ гипотезъ непріемлема и должна быть видоизмѣнена, но онъ отсюда не можетъ еще заключить, какая именно гипотеза не вѣрна.

Мы теперь довольно далеки еще отъ того экспериментальнаго метода, какимъ его охотно рисуютъ люди, незнакомые съ его функціей. Принято думать, что каждая изъ гипотезъ, находящая примѣненіе въ физикѣ, можетъ быть взята въ отдѣльности и подвержена контролю опыта и затѣмъ, когда разнообразными и многочисленными опытами будетъ констатирована ея цѣнность, ей можетъ быть отведена въ окончательной формѣ ея мѣсто въ системѣ физики. Въ дѣйствительности это, однако, не такъ. Физика не машина какая-нибудь, которую можно разбирать и развинчивать. Мы не можемъ испытывать каждую часть ее въ отдѣльности и затѣмъ сказать, что прочность ея была тщательно проконтролирована. Физическая наука есть система, которую приходится брать цѣликомъ: это организмъ и не можетъ одна какая - нибудь часть функціонировать безъ того, чтобы не стали функціонировать самыя отдаленныя другія части, одни—болѣе, другія — менѣе, но непремѣнно всѣ въ той или другой степени. Если наступаетъ одно какое-нибудь нарушеніе, одно какое-нибудь поврежденіе въ функціи этого организма, то это—въ дѣйствительности дѣло всей системы, и физикъ долженъ угадать тотъ органъ, который нуждается въ исправленіи, хотя онъ и не можетъ изолировать этотъ органъ и изучить его въ отдѣльности. Когда ваши часы останавливаются, вы отдается ихъ часовыхъ дѣлъ мастеру. Тотъ вынимаетъ всѣ колесики и разсматриваетъ каждое въ отдѣльности, пока онъ не находитъ то, что нуждается въ исправленіи. Когда къ врачу приходитъ больной, онъ не можетъ разрѣзать его, чтобы поставить діагнозъ. Онъ долженъ найти мѣсто и причину болѣзни, руководствуясь исключительно неправильностями, которыя наблюдаются въ тѣлѣ въ цѣломъ. Вотъ этого врача, а не часовыхъ дѣлъ мастера напоминаетъ физикъ, желающій поставить на ноги недомогающую теорію.

§ III. — Experimentum crucis» вещь въ физикѣ невозможная.

Остановимся еще немного на этомъ вопросѣ, ибо мы коснулись одного изъ самыхъ существенныхъ пунктовъ экспериментальнаго метода, какъ онъ употребляется въ физикѣ.

Методъ приведенія къ абсурду, являющійся какъ будто лишь средствомъ опроверженія, можетъ стать и методомъ доказательства. Чтобы доказать, что какое-нибудь положеніе правильно, достаточно довести до абсурда положеніе, прямо противоположное. Общеизвѣстно, какую пользу извлекали математики древней Греціи изъ этого способа доказательства.

Тѣ, которые уподобляютъ экспериментальное противорѣчіе методу доведенія до абсурда, полагаютъ, будто въ физикѣ можно пользоваться аргументомъ, сходнымъ съ тѣмъ, которымъ столь часто пользовался Эвклидъ въ геометріи. Вы хотите дать группѣ явленій опредѣленное неоспоримое теоретическое объясненіе? Перечислите всѣ гипотезы, которыя можно принять, чтобы дать отчетъ въ этой группѣ явленій, затѣмъ отбрасывайте на основаніи экспериментальнаго противорѣчія одну за другой, пока не останется одна гипотеза; эта послѣдняя перестанетъ быть гипотезой, а получитъ полную достовѣрность.

Возьмемъ какой-нибудь частный случай. Допустимъ, что на лицо только двѣ гипотезы. Подберите такія экспериментальныя условія, при которыхъ одна изъ гипотезъ предвѣщаетъ наступленіе одного явленія, а другая — наступленіе другого, совершенно различнаго явленія. Осуществите эти условія и посмотрите, что произойдетъ. Если наступитъ первое явленіе, вы отвергнете вторую гипотезу, а если наступитъ второе, то вы отвергнете первую гипотезу. Та гипотеза, которая не будетъ отвергнута, станетъ неоспоримой; споры по ея поводу будутъ закончены и наука обрѣтетъ новую истину. Таково экспериментальное доказательство, которое авторъ Nowum Organum назвалъ «Experimentum crucis», «что должно напомнить перекрестокъ, откуда расходятся различныя дороги».

Предъ нами двѣ гипотезы о природѣ свѣта: для Ньютона, для Лапласа, для Біо свѣтъ состоитъ изъ частичекъ, отбрасываемыхъ свѣтящимися тѣлами съ чрезвычайной скоростью; для Гюйгенса,

для Юнга, для Френеля свѣтъ состоитъ изъ колебаній, волны которыхъ распространяются въ особой средѣ—въ эфирѣ. Эти двѣ гипотезы—единственныя, которыя признаются возможными; движеніе или уносится тѣломъ, которое имъ объято и съ которымъ оно остается связаннымъ, или передается отъ одного тѣла къ другому. Если мы примемъ первую гипотезу, то изъ нея вытекаетъ, что свѣтъ распространяется въ водѣ скорѣе, чѣмъ въ воздухѣ. Если мы примемъ вторую гипотезу, то изъ нея вытекаетъ, что свѣтъ скорѣе распространяется въ воздухѣ, чѣмъ въ водѣ. Обратимся къ аппарату Фуко и приведемъ въ движеніе вращающееся зеркало. На нашихъ глазахъ образуются двѣ свѣтящіяся полосы, одна неокрашенная и другая, окрашенная въ зеленоватый цвѣтъ. Гдѣ находится зеленоватая полоса, слѣва или справа неокрашенной? Если слѣва, то свѣтъ быстрѣе распространяется въ водѣ, чѣмъ въ воздухѣ, и тогда неправильна гипотеза волнообразнаго распространенія свѣта; если же она находится справа, то свѣтъ быстрѣе распространяется въ воздухѣ, чѣмъ въ водѣ, и тогда осуждена эмиссіонная гипотеза. Посмотрѣвъ въ лупу, служащую для разсмотрѣнія обѣихъ свѣтящихся полосъ, мы констатируемъ, что зеленоватая полоса находится справа отъ неокрашенной полосы. Споръ рѣшенъ; свѣтъ не есть тѣло, а колебательное движеніе, распространяющееся въ эфирѣ. Эмиссіонная гипотеза приказала долго жить. Гипотеза волнообразнаго распространенія свѣта—внѣ сомнѣній. Нашъ experimentum crucis обогатилъ нашъ научный credo еще однимъ параграфомъ.

Сказанное въ предыдущемъ параграфѣ показываетъ, въ какой мѣрѣ ошибаются люди, приписывая опыту Фуко столь простое значеніе и столь рѣшающую роль. Не между двумя гипотезами—эмиссіонной гипотезой и гипотезой волнообразнаго распространенія свѣта—заставляетъ насъ выбирать опытъ Фуко, а между двумя группами теорій, изъ которыхъ каждая должна быть взята en bloc, въ цѣломъ, между двумя полными системами, между оптикой Ньютона и оптикой Гюйгенса.

Но примемъ на моментъ, что въ каждой изъ этихъ гипотезъ все вполнѣ послѣдовательно, все вытекаетъ съ логической необходимостью, за исключеніемъ одной только гипотезы. Допустимъ, слѣдовательно, что факты, осудивъ одну изъ двухъ системъ, осуждаютъ вмѣстѣ съ тѣмъ и единственное сомнительное допущеніе, которое она содержитъ. Слѣдуетъ ли отсюда, что можно найти въ

experimentum crucis неоспоримый методъ для превращенія одной изъ двухъ имѣющихся на лицо гипотезъ въ доказанную истину, какъ это бываетъ въ геометріи, когда, доведя до абсурда одно положеніе, получаютъ увѣренность въ полной правильности положенія противоположнаго? Рядомъ съ двумя теоремами геометріи, противорѣчащими другъ другу, нѣтъ мѣста третьему сужденію; если невѣрна одна изъ нихъ, то другая—истина, логически необходимая. Но бываетъ ли когда нибудь такая дилемма между двумя гипотезами физики? Осмѣлимся ли мы когда нибудь утверждать, что ни одна другая гипотеза не мыслима? Свѣтъ можетъ быть тучей частичекъ. Онъ можетъ быть и колебательнымъ движеніемъ, волны котораго распространяются въ упругой средѣ. Но развѣ онъ ничѣмъ другимъ болѣе быть не можетъ? Араго, безъ сомнѣнія, именно такъ и думалъ, когда онъ формулировалъ слѣдующую рѣшительную альтернативу: движется ли свѣтъ скорѣе въ водѣ, чѣмъ въ воздухѣ? «Свѣтъ есть тѣло. Имѣетъ ли мѣсто нѣчто противоположное? Свѣтъ есть волнообразное движеніе». Но намъ было бы трудно выразиться столь рѣшительнымъ образомъ. Дѣйствительно, Максвелль показалъ, что въ такой же мѣрѣ можно приписать свѣтъ періодическому электрическому нарушенію, распространяющемуся въ діэлектрической средѣ.

Итакъ, экспериментальное противорѣчіе не въ состояніи преобразовать физическую гипотезу въ неоспоримую истину, какъ методъ доведенія до абсурда, употребляемый въ геометріи. Чтобы получить здѣсь сходство, нужно было бы перечислить всѣ различныя гипотезы, которымъ можетъ дать мѣсто опредѣленная группа явленій. Поэтому, у физика никогда нѣтъ увѣренности въ томъ, что онъ исчерпалъ всѣ возможныя допущенія. Истинность физической теоріи не рѣшается по методу «орелъ или рѣшетка».

§ IV. — Критика метода Ньютона. — Первый примѣръ: механика неба.

Было бы иллюзіей надѣяться создать при помощи экспериментальнаго противорѣчія аргументацію, напоминающую методъ доведенія до абсурда, употребляемый въ геометріи. Но кромѣ этого метода существуютъ въ геометріи и другія еще средства добиться достовѣрности Прямое доказательство, въ которомъ истина какого нибудь положенія заложена въ немъ самомъ, а не основана на

опровержении положенія противоположнаго, представляется въ ней наиболѣе совершеннымъ методомъ разсужденія. Можетъ быть, физическая теорія была бы болѣе счастлива въ своихъ попыткахъ подражать прямому доказательству? Исходныя гипотезы, изъ которыхъ она дѣлаетъ свои выводы, должны были бы тогда быть доказаны каждая въ отдѣльности. Ни одна изъ нихъ не должна была бы быть принята до тѣхъ поръ, покуда она не будетъ доказана со всей достовѣрностью, которую экспериментальный методъ можетъ обезпечить за положеніемъ абстрактнымъ и общимъ. Другими словами, каждая гипотеза должна была бы быть или закономъ, основаннымъ *на наблюденіи и выведеннымъ* исключительно съ помощью двухъ интелектуальныхъ операцій, носящихъ названія индукціи и обобщенія, или слѣдствіемъ, математически выведеннымъ изъ этихъ законовъ. Теорія, основанная на такихъ гипотезахъ, не содержала бы въ себѣ ничего сомнительнаго, ничего произвольнаго. Она заслуживала бы всего того довѣрія, котораго достойны средства, служащія для формулировки законовъ природы.

Вотъ именно такую физическую теорію превозноситъ Ньютонъ, когда онъ въ Scholium generale, которымъ онъ вѣнчаетъ свои «Принципы», самымъ рѣшительнымъ образомъ изгоняетъ изъ философіи природы всякую гипотезу, не выведенную индуктивно изъ опыта, когда онъ утверждаетъ, что въ здоровой физикѣ всякое положеніе должно быть выведено изъ явленій и обобщено индукціей.

Поэтому, идеальный методъ, который мы только что описали, вполнѣ заслуживаетъ названія метода Ньютона. Кромѣ того, развѣ Ньютонъ не слѣдовалъ ему, когда онъ обосновалъ систему всемірнаго тяготѣнія, присоединивъ такимъ образомъ къ своимъ правиламъ одинъ изъ великолѣпнѣйшихъ его примѣровъ? Развѣ его теорія тяготѣнія не выведена вполнѣ изъ законовъ, выведенныхъ Кеплеромъ на основаніи наблюденій,—законовъ, которые преобразовываются разсужденіемъ и послѣдствія которыхъ обобщаются индукціей?

Возьмемъ первый законъ Кеплера: «Радіусъ-векторъ, проведенный отъ солнца къ какой нибудь планетѣ, описываетъ поверхность, пропорціональную времени, въ теченіе котораго движеніе наблюдается». Изъ этого закона Ньютонъ на самомъ дѣлѣ сдѣлалъ тотъ выводъ, что каждая планета постоянно подвержена дѣйствію силы, направленной къ солнцу.

Второй законъ Кеплера гласитъ: «Путь каждой планеты есть эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце». Отсюда Ньютонъ сдѣлалъ тотъ выводъ, что сила, дѣйствующая на опредѣленную планету, измѣняется съ разстояніемъ этой планеты отъ солнца и обратно пропорціональна квадрату этого разстоянія

И, наконецъ, третій законъ Кеплера гласитъ: «Квадраты временъ оборота различныхъ планетъ пропорціональны кубамъ большихъ осей ихъ орбитъ». Отсюда Ньютонъ сдѣлалъ тотъ выводъ, что различныя планеты, помѣщенныя на равномъ разстояніи отъ солнца, испытывали бы со стороны его притяженія, пропорціональныя массамъ этихъ планетъ.

Законы, экспериментально доказанные Кеплеромъ и преобразованные при помощи математическихъ разсужденій, знакомятъ насъ со всѣми признаками дѣйствія солнца на планету. Индукціей Ньютонъ обобщаетъ полученный результатъ Онъ принимаетъ, что результатъ этотъ выражаетъ законъ, по которому любое количество матеріи дѣйствуетъ на любое другое количество. и онъ формулируетъ слѣдующій великій принципъ: «Два любыхъ тѣла взаимно притягиваются съ силой, пропорціональной произведенію изъ ихъ массъ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними». Принципъ всемірнаго тяготѣнія найденъ; Ньютонъ получилъ его, не воспользовавшись ни одной фиктивной гипотезой, однимъ только индуктивнымъ методомъ, планъ котораго имъ самимъ набросанъ.

Разсмотримъ нѣсколько ближе это примѣненіе метода Ньютона. Подвергнемъ его нѣсколько болѣе строгому логическому анализу и посмотримъ, сохранитъ ли оно этотъ видъ строгости и простоты, который ему приписываетъ это слишкомъ суммарное изложеніе.

Чтобы обезпечить за этимъ разборомъ всю необходимую ясность, напомнимъ сначала слѣдующій принципъ, прекрасно знакомый всѣмъ, изучавшимъ механику: невозможно говорить о силѣ, дѣйствующей на какое-нибудь тѣло при данныхъ условіяхъ, не выбравъ раньше центра (предполагающагося неподвижнымъ), къ которому относятъ движенія тѣлъ; съ перемѣной этого центра измѣняется по направленію и величинѣ,—согласно правиламъ, точно установленнымъ въ механикѣ—и сила, съ которой дѣйствуютъ на наблюдаемое тѣло окружающія его другія тѣла.

Установивъ это, мы перейдемъ къ разсужденіямъ Ньютона.

Сначала Ньютонъ беретъ въ качествѣ такого неподвижнаго центра солнце. Онъ разсматриваетъ движенія различныхъ планетъ относительно этой предполагаемой неподвижной точки. Онъ допускаетъ, что движенія эти подчинены законамъ Кеплера и выводитъ отсюда слѣдующее положеніе: «Если солнце есть тотъ центръ, къ которому мы относимъ всѣ силы, то каждая планета находится подъ дѣйствіемъ силы, направленной къ солнцу, пропорціональной массѣ планеты и обратно пропорціональной квадрату ея разстоянія отъ солнца. Что же касается этого послѣдняго, то взятое въ качествѣ центра, къ которому мы отнесли движенія всѣхъ другихъ планетъ, оно не подвергается дѣйствію никакой силы».

Аналогичнымъ образомъ Ньютонъ изучаетъ *движенія спутниковъ* и для каждаго изъ нихъ онъ выбираетъ въ качествѣ неподвижнаго пункта его планету: Землю, когда дѣло идетъ о движеніи луны, Юпитера, когда дѣло идетъ о спутникахъ этого послѣдняго. Въ качествѣ правилъ этихъ движеній взяты законы, совершенно схожіе съ законами Кеплера. Въ результатѣ можно формулировать слѣдующее новое положеніе: «Если въ качествѣ неподвижнаго пункта берется планета, сопровождаемая спутникомъ, то послѣдній подверженъ дѣйствію силы, направленной къ этой планетѣ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія его отъ планеты. Если одна планета имѣетъ нѣсколько спутниковъ, какъ, напримѣръ, въ случаѣ съ Юпитеромъ, то, находясь на одномъ и томъ же разстояніи отъ планеты, спутники эти подвержены дѣйствію силъ, пропорціональныхъ ихъ массамъ. Что касается самой планеты, то она не испытываетъ никакого дѣйствія со стороны спутника».

Таковы въ весьма точной формѣ положенія, которыя можно формулировать на основаніи законовъ Кеплера касательно движеній планетъ и распространяя эти законы на движенія спутниковъ этихъ планетъ. Вмѣсто этихъ положеній Ньютонъ выставляетъ другое положеніе, которое можетъ быть формулировано такимъ образомъ: «Два любыхъ небесныхъ тѣла оказываютъ другъ на друга притягательное дѣйствіе, направленное по прямой, соединяющей эти тѣла, пропорціональное произведенію изъ ихъ массъ и обратно пропорціональное квадрату разстоянія между ними; положеніе это предполагаетъ всѣ движенія и всѣ силы отнесенными къ одному и тому же пункту, принимаемому неподвижнымъ; этотъ идеальный пунктъ, принятый по соглашенію, вполнѣ понятенъ математику, но ни одно тѣло не обозначаетъ вполнѣ точнымъ и конкретнымъ образомъ его положенія на небѣ».

Представляетъ ли принципъ всемірнаго тяготѣнія простое обобщеніе этихъ двухъ положеній, выведенныхъ изъ законовъ Кеплера и распространенныхъ на движенія спутниковъ планетъ? Можно ли вывести этотъ принципъ изъ тѣхъ двухъ положеній индуктивно? Никоимъ образомъ. Дѣйствительно, онъ не только общѣе, чѣмъ эти два положенія, онъ не только отличенъ отъ нихъ: онъ прямо противорѣчитъ имъ. Принимая принципъ всемірнаго тяготѣнія, механикъ можетъ вычислять величину и направленіе силъ, дѣйствующихъ на различныя планеты и солнце, когда берутъ это послѣднее въ качествѣ центра, къ которому относятъ движенія планетъ. Сдѣлавъ это, онъ находитъ, что силы эти вовсе не таковы, какими онѣ должны были бы быть, согласно первому нашему положенію. Онъ можетъ опредѣлить величину и направленіе каждой изъ силъ, дѣйствующихъ на Юпитеръ и его спутниковъ, когда относятъ всѣ движенія ихъ къ планетѣ, принимаемой неподвижной, и онъ констатируетъ, что эти силы вовсе не таковы, какими онѣ должны были бы быть, согласно второму нашему положенію.

Слѣдовательно, принципъ всемірнаго тяготѣнія вовсе не можетъ быть выведенъ обобщеніемъ и индукціей изъ эмпирически установленныхъ законовъ, формулированныхъ Кеплеромъ, а онъ находится въ противорѣчіи съ этими законами. Если теорія Ньютона вѣрна, то законы Кеплера должны быть невѣрны.

Такимъ образомъ, принципъ всемірнаго тяготѣнія получаетъ непосредственную экспериментальную достовѣрность не отъ законовъ, выведенныхъ Кеплеромъ изъ наблюденія движеній небесныхъ тѣлъ. Напротивъ того, если принять абсолютную точность законовъ Кеплера, то необходимо отвергнуть положеніе, которое Ньютонъ положилъ въ основу своей механики неба. Физикъ, желающій доказать теорію всемірнаго тяготѣнія, вовсе не ссылается на законы Кеплера, а, напротивъ того, видитъ въ этихъ законахъ препятствіе, которое прежде всего должно быть удалено. Ему необходимо доказать, что его теорія, несовмѣстимая съ правильностью этихъ законовъ, подчиняетъ движенія планетъ и ихъ спутниковъ другимъ законамъ, настолько мало отличнымъ отъ первыхъ, что Тихо-де-Браге, Кеплеръ и ихъ современники не могли замѣтить различія между орбитами Кеплера и Ньютона. Вытекаетъ это доказательство изъ того обстоятельства, что масса солнца весьма велика въ сравненіи съ массами различныхъ пла-

неть и масса планеты весьма велика въ сравненіи съ массами ея спутниковъ.

Но если достовѣрность Ньютоновой теоріи не вытекаетъ изъ достовѣрности законовъ Кеплера, то какъ эта теорія докажетъ свою пригодность, свою пріемлемость. Она вычислитъ со всѣмъ приближеніемъ, которое только позволяютъ алгебраическіе методы, безпрерывно совершенствующіеся, возмущенія, отклоняющія въ каждый моментъ каждую изъ звѣздъ отъ пути, предписываемаго ей законами Кеплера. Затѣмъ она сравнитъ вычисленныя отклоненія съ отклоненіями, дѣйствительно наблюденными при помощи наиболѣе точныхъ инструментовъ и наилучшихъ методовъ. Такого рода сравненіе коснется не только той или другой части принципа Ньютона, а оно коснется всѣхъ его частей сразу и вмѣстѣ съ тѣмъ и всѣхъ принциповъ динамики. Кромѣ того она будетъ основываться на всѣхъ положеніяхъ оптики, статики газовъ, теоріи теплоты, на положеніяхъ, необходимыхъ для опредѣленія свойствъ телескоповъ, для конструкціи, регулированія и исправленія ихъ, для устраненія ошибокъ, обязанныхъ своимъ происхожденіемъ дневной и годовой аберраціи и атмосферической рефракціи. Здѣсь уже не приходится принимать одинъ за другимъ законы, установленные наблюденіемъ и индукціей, и обобщеніемъ возводить ихъ въ рангъ принциповъ, а приходится сравнивать послѣдствія, вытекающія изъ цѣлой группы гипотезъ, съ цѣлой группой фактовъ.

Какова же причина, приведшая къ крушенію метода Ньютона въ томъ именно случаѣ, для котораго онъ былъ придуманъ и который казался наиболѣе совершеннымъ его примѣненіемъ? Причина эта—двойственный характеръ, присущій всякому закону теоретической физики: такой законъ бываетъ всегда символическимъ и приблизительнымъ.

Законы Кеплера самымъ непосредственнымъ образомъ касаются, безъ сомнѣнія, объектовъ астрономическаго наблюденія; они такъ мало символичны, какъ только возможно. Но въ этой чисто экспериментальной формѣ они не могутъ привести къ принципу всемірнаго тяготѣнія. Чтобы сдѣлать ихъ настолько плодотворными, они должны быть преобразованы, они должны знакомить со свойствами тѣхъ силъ, съ которыми солнце притягиваетъ различныя планеты.

Но эта новая форма законовъ Кеплера есть форма символическая. Только одна динамика придаетъ опредѣленный смыслъ

словамъ «сила» и «масса», служащимъ для формулировки этихъ законовъ. Только одна динамика позволяетъ подставить новыя символическія формулы на мѣсто старыхъ формулъ реалистическихъ, замѣнить законы касательно путей планетъ выраженіями, въ которыхъ трактуется о силахъ и массахъ. Законность такой подстановки предполагаетъ полное довѣріе къ законамъ динамики.

Не будемъ утверждать для оправданія этого довѣрія, будто законы динамики были внѣ сомнѣнія въ тотъ моментъ, когда Ньютонъ воспользовался ими для перевода законовъ Кеплера на языкъ символовъ. Не будемъ утверждать, что они получили къ тому времени со стороны опыта подтвержденіе, достаточное, чтобы быть принятыми разумомъ. Въ дѣйствительности, они до этого времени поддавались доказательствамъ весьма спеціальнымъ и довольно грубымъ. Сами выраженія ихъ оставались довольно неясными и недостаточно развитыми. Только въ принципахъ Ньютона они получили первый разъ точную формулировку; только въ согласіи фактовъ съ механикой неба—согласіи, обоснованномъ въ трудахъ Ньютона, они нашли свои первыя неоспоримыя подтвержденія.

Такимъ образомъ, переводъ законовъ Кеплера въ разрядъ символическихъ законовъ, однихъ только и полезныхъ для теоріи, предполагаетъ согласіе физика съ цѣлой группой гипотезъ. Болѣе того. Такъ какъ законы Кеплера суть законы только приблизительные, то динамика позволяетъ перевести ихъ на языкъ символическихъ законовъ самымъ разнообразнымъ образомъ. Среди этихъ безчисленныхъ различныхъ формъ есть одна и только одна, согласующаяся съ принципомъ Ньютона. Наблюденія Тихо-де-Браге, столь удачно обобщенныя въ законы Кеплеромъ, позволяютъ теоретику выбрать эту форму, но они вовсе не навязываютъ ему ее, а они позволили бы ему одинаковымъ образомъ выбрать безконечное множество другихъ формъ.

Теоретикъ, слѣдовательно, не можетъ сослаться въ оправданіе своего выбора на законы Кеплера. Если онъ хочетъ доказать, что выбранный имъ принципъ есть дѣйствительно принципъ естественной классификаціи движеній небесныхъ свѣтилъ, онъ долженъ показать, что наблюденныя отклоненія согласуются съ тѣми, которыя были вычислены заранѣе, онъ долженъ отъ пути Урана умозаключить къ существованію и положенію новой пла-

неты и въ намѣченномъ направленіи увидѣть въ своемъ телескопѣ планету Нептунъ.

§ V.—Критика метода Ньютона (продолженіе). Второй примѣръ: электродинамика.

Никто послѣ Ньютона не заявлялъ столь опредѣленно, какъ Амперъ, что всякая физическая теорія должна быть выведена изъ опыта одной индукціей. Ни одна научная работа не примыкаетъ столь тѣсно къ работѣ Ньютона Philosophiae Naturalis Principia mathematica, какъ книга Ампера «Théorie mathématique des phénomènes électrodynamics uniquement déduite de l'expérience».

«Эпоха, отмѣченная въ исторіи науки появленіемъ работъ Ньютона, есть не только эпоха, наиболѣе богатая открытіями, вскрывшими причины великихъ явленій природы, но это также эпоха, когда умъ человѣческій проложилъ себѣ новый путь въ наукахъ, имѣющихъ цѣлью изученіе этихъ явленій» Этими строками Амперъ начинаетъ изложеніе своей «Théorie mathematique». Далѣе онъ продолжаетъ:

«Ньютонъ далекъ былъ отъ того, чтобы думать», что законъ всемірнаго тяготѣнія «могъ бы быть открытъ на основаніи абстрактныхъ, болѣе или менѣе правдоподобныхъ разсужденій. Онъ установилъ, что законъ этотъ долженъ былъ быть выведенъ изъ наблюденныхъ фактовъ или скорѣе изъ тѣхъ эмпирическихъ законовъ, которые, подобно законамъ Кеплера, представляютъ собой нечто иное, какъ обобщенный результатъ большого числа фактовъ».

«Сначала наблюденіе фактовъ, измѣненіе, насколько только возможно, условій ихъ, сопровожденіе этой первой работы точными измѣреніями, чтобы вывести изъ нихъ общіе законы, основанные исключительно на опытѣ, и выводъ изъ этихъ законовъ, независимо отъ всякой гипотезы о природѣ силъ, вызывающихъ явленія, математическаго выраженія этихъ силъ, т. е. формулы, которая ихъ выражала бы,—вотъ путь, которымъ слѣдовалъ Ньютонъ. Этотъ методъ былъ одобренъ во Франціи учеными, которымъ физика обязана огромнымъ успѣхомъ своимъ за послѣдніе годы, и именно имъ руководился и я во всѣхъ моихъ изслѣдованіяхъ явленій электродинамическихъ. Я сообразался исключительно съ данными опыта при построеніи законовъ этихъ явленій и я вы-

велъ отсюда ту формулу, которая одна можетъ выразить силы, ихъ вызывающія. Я не произвелъ ни одного изслѣдованія касательно самой причины этихъ силъ, вполнѣ убѣжденный въ томъ, что всякому изслѣдованію такого рода должно предшествовать чисто экспериментальное знаніе законовъ, какъ и исключительно на нихъ основанное опредѣленіе значенія элементарной силы».

Нѣтъ нужды въ критикѣ, ни весьма внимательной, ни весьма глубокой, чтобы замѣтить, что математическая теорія электродинамическихъ явленій вовсе не слѣдуетъ методу, предначертанному Амперомъ, что она вовсе не выведена исключительно изъ данныхъ опыта. Взятые въ сыромъ видѣ, какъ они даны природой, факты опыта не поддавались бы математическому изслѣдованію. Чтобы сдѣлать ихъ доступными такому изслѣдованію, они должны быть преобразованы, должны получить символическую формулу и этому преобразованію подвергаетъ ихъ Амперъ. Онъ не довольствуется тѣмъ, что сводитъ аппараты изъ металла, въ которыхъ течетъ токъ, къ простымъ геометрическимъ фигурамъ. Такого рода уподобленіе слишкомъ естественно напрашивается само собой, чтобы дать поводъ къ серьезному сомнѣнію. Онъ и тѣмъ не довольствуется, что онъ пользуется понятіемъ силы, заимствованнымъ изъ механики, и различными теоремами, входящими въ составъ этой науки. Въ эпоху, когда онъ писалъ, теоремы эти могли считаться внѣ спора. Кромѣ того онъ ссылается на цѣлый рядъ совершенно новыхъ, совершенно произвольныхъ гипотезъ, порой даже нѣсколько неожиданныхъ. Среди этихъ гипотезъ занимаетъ первое мѣсто та интеллектуальная операція, которой онъ разлагаетъ на безконечно малые элементы электрическій токъ, а, вѣдь, въ дѣйствительности этотъ послѣдній не можетъ быть раздѣленъ, не переставая существовать. Затѣмъ слѣдуетъ допущеніе, что дѣйствительныя электродинамическія дѣйствія могутъ быть разложены на дѣйствія фиктивныя, возбуждаемыя въ парахъ элементовъ, образующихъ электрическій токъ. Затѣмъ слѣдуетъ постулатъ, что взаимныя дѣйствія двухъ элементовъ могутъ быть сведены къ двумъ силамъ, приложеннымъ къ элементамъ, направленнымъ по прямой, соединяющей эти элементы, равнымъ между собой и прямо противоположнымъ. Наконецъ, другой постулатъ, что разстояніе между двумя элементами входитъ въ формулу, выражающую взаимодѣйствіе между ними, только въ знаменателѣ и въ опредѣленной степени.

Всѣ эти различныя допущенія столь мало очевидны, столь мало

принудительно необходимы, что нѣкоторыя изъ нихъ или подвергнуты критикѣ или отвергнуты послѣдователями Ампера. Другія гипотезы, столь же способныя перевести основные опыты электродинамики на языкъ символовъ, были предложены другими физиками. Но ни одному изъ нихъ не удалось дать этотъ переводъ, не прибѣгая къ какому нибудь новому постулату, да и было бы абсурдно на это претендовать.

Эта необходимость для физика дать экспериментально установленнымъ фактамъ символическое выраженіе, прежде чѣмъ ввести ихъ въ свои теоретическія разсужденія, дѣлаетъ совершенно непригоднымъ чисто индуктивный путь, предуказанный ему Амперомъ. Путь этотъ заказанъ ему еще и потому, что всякій законъ, основанный на наблюденіи, не есть законъ точный, а только приблизительный.

Степень приближенія въ опытахъ Ампера есть одна изъ наиболѣе грубыхъ. Онъ даетъ наблюденнымъ фактамъ символическое выраженіе, благопріятное для развитія его теоріи. Но какъ легко было бы ему воспользоваться этой недостаточной точностью наблюденій, чтобы дать имъ совершенное другое символическое выраженіе! Послушаемъ Вильгельма Вебера [1]).

«Въ заглавіи своего сочиненія Амперъ самымъ недвусмысленнымъ образомъ указалъ на то, что его математическая теорія электро-динамическихъ явленій выведена исключительно изъ опыта. И дѣйствительно, въ самой работѣ мы находимъ детальное изложеніе его метода, столь же простого, сколь геніальнаго, который привелъ его къ его цѣли. Мы находимъ здѣсь описаніе— со всей желательной полнотой и точностью—его опытовъ, выводовъ, которые онъ отсюда дѣлаетъ для своей теоріи, какъ и описаніе инструментовъ, которыми онъ пользовался. Но когда дѣло идетъ объ основныхъ опытахъ, такихъ, о которыхъ идетъ здѣсь рѣчь, недостаточно указать на общій смыслъ эксперимента, описать инструменты, послужившіе для производства его, и затѣмъ сказать въ общихъ выраженіяхъ, что онъ далъ ожидаемый результатъ. Здѣсь необходимо вдаваться въ детали самого эксперимента, указать, сколько разъ онъ былъ повторенъ, какъ видоизмѣнялись условія его и каковъ былъ результатъ этихъ видоизмѣненій. Однимъ словомъ, здѣсь необходимо дать протокольное описаніе всѣхъ условій опыта, на основаніи котораго читатель могъ бы составить себѣ

---

[1]) Wilhelm Weber: Electrodynamische Maassbestimmungen, Leipzig, 1846.

сужденіе о степени надежности и достовѣрности полученнаго результата. Амперъ не сообщаетъ намъ этихъ точныхъ деталей о своихъ опытахъ и доказательство основного закона электродинамики ждетъ еще и по сю пору этого необходимаго дополненія. Фактъ взаимнаго притяженія двухъ проводящихъ проволокъ былъ подтвержденъ много разъ и находится внѣ спора. Но эти подтвержденія всегда получались при условіяхъ и со средствами, при которыхъ о количественномъ измѣреніи не могло быть и рѣчи, а между тѣмъ необходимо, чтобы эти измѣренія достигли когда-нибудь степени точности, необходимой, чтобы считать законъ этихъ явленій доказаннымъ».

«Амперъ неоднократно выводилъ изъ отсутствія всякаго электродинамическаго дѣйствія тѣ же послѣдствія, которыя вытекали бы изъ измѣренія съ результатомъ, равнымъ нулю. Съ помощью этого искусственнаго средства, онъ съ большей проницательностью и еще большей ловкостью собралъ данныя, необходимыя для обоснованія и доказательства своей теоріи. Но эти отрицательные опыты, которыми необходимо было удовольствоваться за отсутствіемъ положительныхъ прямыхъ измѣреній», — эти опыты, гдѣ всѣ пассивныя сопротивленія, всѣ виды тренія, всѣ источники ошибокъ какъ бы точно направлены къ тому, чтобы вызвать результатъ, ожидаемый наблюдателемъ, — «не могутъ имѣть всего значенія, всей доказательной силы этихъ положительныхъ измѣреній, тѣмъ болѣе, что они не получены средствами и въ условіяхъ дѣйствительныхъ измѣреній, что, впрочемъ, и невозможно было сдѣлать съ инструментами, которыми пользовался Амперъ.

Въ виду столь неточныхъ опытовъ, физику приходится выбирать изъ множества символическихъ формъ, равно возможныхъ. Здѣсь никакой выборъ не можетъ внушать увѣренности въ правильности его. Только интуиція, угадывающая форму подлежащей обоснованію теоріи, направляетъ выборъ. Эта роль интуиціи пріобрѣтаетъ особо важное значеніе именно въ работѣ Ампера. Достаточно бѣгло прочитать сочиненія этого великаго математика, чтобы замѣтить, что его основная формула электродинамики есть плодъ исключительно какого-то предвидѣнія, что опыты, на которые онъ ссылается, были придуманы впослѣдствіи и скомбинированы такъ, чтобы было возможно изложить въ согласіи съ методомъ Ньютона теорію, основанную въ дѣйствительности на цѣломъ рядѣ постулатовъ.

Амперъ, впрочемъ, былъ слишкомъ искрененъ для того, чтобы

сознательно скрывать, что было искусственнаго въ его изложеніи, всецѣло выведенномъ изъ данныхъ опыта. Въ концѣ его книги Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques мы читаемъ слѣдующія строки: «Заканчивая настоящую работу, я считаю необходимымъ отмѣтить, что за недостаткомъ времени мнѣ не удалось еще сконструировать инструменты, изображенные на фиг. 4 перваго листа и на фиг. 20 второго листа. По этой причинѣ не были произведены еще и опыты, для которыхъ они предназначались». Но первый изъ этихъ двухъ аппаратовъ, о которыхъ идетъ здѣсь рѣчь, долженъ былъ служить для осуществленія послѣдняго изъ четырехъ основныхъ случаевъ равновѣсія, служащихъ какъ бы колоннами, на которыхъ покоится зданіе, построенное Амперомъ. Въ опытѣ, для котораго предназначался этотъ аппаратъ, должна была быть опредѣлена степень разстоянія, на которомъ происходятъ электродинамическія дѣйствія. Такимъ образомъ электродинамическая теорія Ампера далеко не выведена всецѣло изъ опыта, а этотъ послѣдній игралъ весьма слабую роль въ ея образованіи. Онъ сослужилъ только роль толчка, пробудившаго интуицію геніальнаго физика, и эта послѣдняя сдѣлала остальное.

Въ изслѣдованіяхъ Вильгельма Вебера эта совершенно интуитивная теорія Ампера была въ первый разъ всесторонне сопоставлена съ фактами. Но это сопоставленіе не могло быть осуществлено методомъ Ньютона. Изъ теоріи Ампера, взятой въ цѣломъ, Веберъ вывелъ нѣкоторыя слѣдствія, доступныя вычисленіямъ. Теоремы статики и динамики, вмѣстѣ съ нѣкоторыми даже положеніями оптики, позволили ему придумать аппаратъ, электродинамометръ, при помощи котораго эти слѣдствія могли быть подвержены точнымъ измѣреніямъ. Согласіе результатовъ вычисленій съ результатами измѣреній подтверждаетъ, поэтому, не то или другое отдѣльное положеніе изъ теоріи Ампера, а всю совокупность электродинамическихъ, механическихъ и оптическихъ гипотезъ, на основаніи которыхъ можно истолковать тотъ или другой опытъ Вебера.

Такимъ образомъ тамъ, гдѣ потерпѣлъ крушеніе Ньютонъ, потерпѣлъ еще большее крушеніе Амперъ. Есть два камня преткновенія, дѣлающіе чисто индуктивный путь для физика невозможнымъ. Во-первыхъ, никакой экспериментально установленный законъ не можетъ послужить на пользу теоретику прежде, чѣмъ онъ подвергнетъ его истолкованію, которое преобразуетъ этотъ законъ въ законъ символическій. Истолкованіе же это предполагаетъ признаніе

цѣлой группы теорій. Во-вторыхъ, ни одинъ экспериментально установленный законъ не есть законъ точный, а только приблизительный, и потому онъ поддается преобразованію въ законъ символическій самымъ разнообразнымъ образомъ. И среди всѣхъ этихъ преобразованій физикъ долженъ выбрать то, которое принесетъ теоріи плодотворную гипотезу, при чемъ опытъ никоимъ образомъ не будетъ руководить его выборомъ.

Эта критика метода Ньютона приводитъ насъ къ заключеніямъ, къ которымъ привела насъ уже критика экспериментальнаго противорѣчія и experimentum crucis. Заключенія эти вполнѣ заслуживаютъ самой точной формулировки. Они гласятъ:

Пытаться отдѣлить каждую гипотезу въ теоретической физикѣ отъ другихъ допущеній, на которыхъ покоится эта наука, чтобы подвергнуть ее контролю наблюденія отдѣльно, значитъ увлекаться химерой: осуществленіе и истолкованіе любого эксперимента физики предполагаетъ признаніе цѣлой группы теоретическихъ положеній.

Единственная экспериментальная провѣрка физической теоріи, которую нельзя назвать нелогичной, заключается въ сравненіи цѣлой системы физической теоріи съ цѣльной группой экспериментальныхъ законовъ съ цѣлью провѣрить, выражаетъ ли первая достаточно удовлетворительнымъ образомъ вторую.

§ VI.—Выводы касательно преподаванія физики.

Въ противоположность тому, что мы старались доказать на предыдущихъ страницахъ, принято обыкновенно думать, что каждая гипотеза въ физикѣ можетъ быть выдѣлена изъ цѣлаго и въ отдѣльномъ видѣ подвергнута контролю опыта. Изъ этого принципа, въ основѣ своей невѣрнаго, естественно дѣлаютъ неправильные выводы и касательно метода преподаванія физики. Хотятъ, чтобы учитель привелъ всѣ гипотезы физики въ опредѣленный порядокъ, затѣмъ, чтобы онъ взялъ первую, далъ ей опредѣленную формулировку, описалъ бы эксперименты, подтверждающіе ее, и, когда эти подтвержденія будутъ признаны достаточными, чтобы онъ объявилъ гипотезу принятой. Болѣе того, хотятъ, чтобы онъ формулировалъ эту первую гипотезу индуктивнымъ *обобщеніемъ* чисто экспери-

ментальнаго закона. Ту же операцію онъ долженъ продѣлать надъ второй, надъ третьей, и т. д. гипотезой, пока не будутъ исчерпаны всѣ гипотезы физики. Физика преподавалась бы тогда такъ, какъ преподается геометрія: гипотезы слѣдовали бы другъ за другомъ, какъ слѣдуютъ въ геометріи теоремы; вмѣсто доказательства каждаго положенія въ геометріи мы здѣсь имѣли бы экспериментальное доказательство каждаго положенія; не утверждалось бы ничего, что не было бы выведено изъ фактовъ или не подтверждалось бы сейчасъ же фактами.

Таковъ идеалъ, который ставитъ себѣ множество учителей, который многіе, можетъ быть, считаютъ уже достигнутымъ. Нѣтъ недостатка въ авторитетныхъ голосахъ, призывающихъ ихъ стремиться къ этому идеалу. «Важно, говоритъ Пуанкарэ, не увеличивать безъ мѣры число гипотезъ, а выставлять ихъ одну за другой. Если мы построимъ теорію, основанную на многочисленныхъ гипотезахъ, и опытъ ее осудитъ, то какъ мы будемъ знать, какая изъ нашихъ предпосылокъ должна быть измѣнена? Мы не сможемъ этого знать. И наоборотъ, если опытъ подтвердитъ ее, будетъ ли у насъ увѣренность въ томъ, что всѣ гипотезы вѣрны? Повѣримъ ли мы тому, что можно однимъ уравненіемъ опредѣлить нѣсколько неизвѣстныхъ?»

Въ частности относительно чисто индуктивнаго метода, законы котораго были формулированы Ньютономъ, многіе физики утверждаютъ, что это единственный методъ, позволяющій дать раціональное изложеніе науки о природѣ. «Наука, которую мы излагаемъ, говоритъ Густавъ Робенъ [1]), представляютъ собой ничто иное, какъ комбинація простыхъ, данныхъ опытомъ, индукцій. Что касается этихъ послѣднихъ, то мы всегда будемъ формулировать ихъ въ выраженіяхъ, которыя легко запомнить, поддающихся непосредственному подтвержденію, никогда не забывая, что гипотеза не можетъ быть подтверждена послѣдствіями, изъ нея вытекающими». Именно этотъ методъ Ньютона рекомендуется, если не предписывается учителямъ, излагающимъ физику въ средней школѣ. «Методы преподаванія математической физики въ средней школѣ, говорятъ имъ [2]), не свободны отъ недостатковъ. Здѣсь исходятъ обыкновенно изъ гипотезъ или опредѣленій, выставленныхъ a priori, и отсюда дѣлаются выводы, которые должны быть провѣрены на опытѣ. Этотъ

[1]) G. Robin: Oeuvres scientifiques. Thermodynamique générale. Introduction.

[2]) Note sur une conférence de M. Joubert.

методъ можетъ быть умѣстенъ при преподаванiи математики, но неправильно примѣнять его въ элементарныхъ курсахъ механики, гидростатики и оптики. Замѣнимъ его методомъ индуктивнымъ».

Приведенныхъ разсужденiй болѣе чѣмъ достаточно, чтобы вывести изъ нихъ слѣдующую истину: индуктивный методъ, употребленiе котораго рекомендуется физику, послѣднiй столь же примѣнять не можетъ, какъ не можетъ примѣнять математикъ и тотъ совершенный дедуктивный методъ, который желаетъ все опредѣлять и все доказывать, методъ, къ изученiю котораго столь пристрастились, повидимому, нѣкоторые математики, несмотря на то, что Паскаль давно уже подвергъ его строгой, но справедливой критикѣ. Отсюда ясно, что, если люди желаютъ развить принципы физики, руководствуясь этимъ методомъ, то изложенiе ихъ не можетъ не грѣшить въ нѣкоторыхъ пунктахъ.

Среди недостатковъ этого изложенiя наиболѣе частымъ и въ то же время наиболѣе важнымъ вслѣдствiе ложныхъ идей, которыя онъ внушаетъ ученикамъ, является фиктивный экспериментъ. Вынужденный сослаться на принципъ, въ дѣйствительности не выведенный изъ фактовъ, не представляющiй вовсе результата индукцiи, и не желая вмѣстѣ съ тѣмъ выдавать этотъ принципъ за то, что онъ есть, т. е. за постулатъ, физикъ придумываетъ экспериментъ, который могъ бы привести къ требуемому принципу, если бы его удалось продѣлать и онъ удался бы.

Ссылаться на такой фиктивный экспериментъ значитъ вмѣсто опыта произведеннаго подставить опытъ, который только долженъ быть произведенъ, значитъ подтверждать принципъ не съ помощью наблюденныхъ фактовъ, а при помощи такихъ фактовъ, осуществленiе которыхъ только предсказывается. И предсказанiе это не имѣетъ подъ собой никакого другого основанiя, кромѣ вѣры въ принципъ, для обоснованiя котораго ссылаются на этотъ самый экспериментъ. Такой методъ доказательства приводитъ къ порочному кругу, и человѣкъ, пользующiйся имъ, не оговариваясь, что приводимый опытъ не былъ еще произведенъ, поступаетъ не корректно.

Случается и такъ, что описанный фиктивный экспериментъ даетъ при попыткѣ осуществленiя его результатъ не совсѣмъ точный. Неопредѣленные и грубые результаты, которые онъ даетъ, могутъ быть, безъ сомнѣнiя, приведены въ согласiе съ положенiемъ, которое физикъ хочетъ подтвердить. Но въ такой же мѣрѣ они могутъ быть приведены въ согласiе и съ нѣкоторыми другими

положеніями, весьма и весьма отъ него отличными. Доказательная сила такого эксперимента была бы въ такомъ случаѣ весьма слаба и нуждалась бы въ провѣркѣ. Блестящій примѣръ такого фиктивнаго эксперимента представляетъ экспериментъ, придуманный Амперомъ для доказательства, что электродинамическія дѣйствія обратно пропорціональны квадрату разстоянія, но не осуществленный имъ.

Но бываетъ и хуже. Часто случается и такъ, что фиктивный экспериментъ, на который ссылаются, не только не осуществленъ, но и не осуществимъ. Онъ предполагаетъ существованіе тѣла, которое въ природѣ не встрѣчается, существованіе физическихъ свойствъ, которыя никогда не наблюдались. Такъ Густавъ Робенъ [1]) чтобы имѣть возможность дать принципамъ химической механики желательное ему чисто индуктивное описаніе, придумалъ подъ названіемъ тѣлъ—свидѣтелей (corps temoins) такія тѣла, которыя однимъ своимъ присутствіемъ способны дать толчекъ химической реакціи или остановить ее, но подобныхъ тѣлъ не удалось наблюдать ни одному физику.

Неосуществленный экспериментъ, экспериментъ, который не можетъ быть осуществленъ съ полной точностью, абсолютно неосуществимый экспериментъ—всѣ эти виды далеко еще не исчерпываютъ всѣхъ различныхъ формъ, которыя принимаютъ фиктивный экспериментъ въ сочиненіяхъ физиковъ, желающихъ слѣдовать исключительно индуктивному методу. Намъ остается отмѣтить еще одну форму, наиболѣе нелогичную изъ всѣхъ,—абсурдный экспериментъ. Этотъ экспериментъ долженъ доказать положеніе, которое было бы противорѣчіемъ разсматривать, какъ выраженіе факта опыта.

И самымъ глубокомысленнымъ физикамъ не всегда удавалось оградить свое изложеніе отъ этого абсурднаго эксперимента. Приведемъ, напримѣръ, слѣдующія строки, заимствованныя у Бертрана [2]): «Если принять, какъ экспериментальный фактъ, что электричество находится на поверхности тѣлъ, и, какъ необходимый принципъ, что дѣйствіе свободнаго электричества на точки массъ проводниковъ должно быть равно нулю, то изъ этихъ двухъ условій, если они выполнены въ точности, можно сдѣлать тотъ выводъ, что

---

[1]) Gustave Robin: Oeuvres scientifiques. Thermodynamique génèrale, стр. 11. Paris. 1901.

[2]) J. Bertrand: Leçons sur la Théorie mathématique de l'Électricité, стр. 71. Paris, 1890.

электрическія дѣйствія притяженія и отталкиванія обратно пропорціональны квадрату разстоянія».

Возьмемъ слѣдующее положеніе: «Въ случаѣ электрическаго равновѣсія внутри проводника нѣтъ электричества». Можно ли разсматривать это положеніе, какъ выраженіе факта опыта? Взвѣсимъ точно смыслъ его словъ и въ частности смыслъ слова «внутри» Если взять смыслъ, въ который слѣдуетъ понимать это слово въ этомъ положеніи, то точка внутри наэлектривованнаго куска мѣди есть точка, находящаяся внутри массы мѣди. Какимъ же образомъ можно констатировать, есть ли въ этой точкѣ электричество или нѣтъ? Чтобы узнать это, слѣдовало бы помѣстить тамъ испытуемое тѣло, для чего пришлось бы вынуть оттуда мѣдь, которая тамъ находится. Но тогда наша точка не находилась бы внутри массы мѣди, а она была бы внѣ этой массы. Отсюда ясно, что невозможно разсматривать наше положеніе, какъ результатъ наблюденія, не впадая въ логическое противорѣчіе.

Какое же значеніе имѣютъ опыты, которыми хотятъ доказать это положеніе? Совсѣмъ другое, безъ сомнѣнія, чѣмъ то, что имъ приписывается. Дѣлаютъ въ проводящей массѣ полость и констатируютъ, что стѣнки этой полости не наэлектризованы. Это наблюденіе не доказываетъ ничего относительно отсутствія или присутствія электричества въ точкахъ, находящихся въ нѣдрахъ массы проводника. Чтобы перейти отъ закона, экспериментально установленнаго, къ возвѣщенному закону, играютъ словомъ «внутри». Изъ страха, какъ бы не обосновать электростатику на постулатѣ, ее обосновываютъ на игрѣ словъ.

Стоитъ перелистать статьи и учебники по физикѣ, чтобы открыть въ нихъ массу фиктивныхъ экспериментовъ. Мы здѣсь найдемъ кучу примѣровъ всѣхъ различныхъ формъ, которыя можетъ принимать такой экспериментъ отъ эксперимента просто неосуществленнаго до эксперимента абсурднаго. Не будемъ, однако, останавливаться на этой скучной работѣ. И сказаннаго достаточно, чтобы придти къ слѣдующему выводу: преподаваніе физики по чисто индуктивному методу, какъ его формулировалъ Ньютонъ, есть химера. Тотъ, кто претендуетъ достичь этой химеры, обманываетъ себя и своихъ учениковъ. Онъ выдаетъ имъ за видѣнные факты—факты только предвидѣнные, за точныя наблюденія—грубыя опредѣленія, за осуществимые процессы—опыты чисто идеальные, за экспериментальные законы—положенія, которыя не могутъ быть приняты за выраженія реально существующаго, не приходя въ противорѣчіе

съ логикой. Физика, которую онъ имъ излагаетъ, есть физика ложная и фальсифицированная. Пусть, поэтому, учитель физики откажется отъ этого идеальнаго индуктивнаго метода. Пусть отброситъ онъ этотъ взглядъ на преподаванiе экспериментальной науки, искажающiй ея существенный характеръ. Если истолкованiе мельчайшаго физическаго эксперимента предполагаетъ примѣненiе цѣлой группы теорiй, если для описанiя даже эксперимента требуется множество абстрактныхъ символическихъ выраженiй, смыслъ которыхъ и связь съ фактами устанавливаются только теорiями, то прежде чѣмъ попытаться сдѣлать мельчайшее сравненiе между теоретическимъ зданiемъ и конкретной реальностью, физику необходимо развить длинный рядъ гипотезъ и дедукцiй. Описывая эксперименты, подтверждающiе теорiи, уже развитыя, ему часто необходимо будетъ забѣгать впередъ и ссылаться на теорiи, къ которымъ онъ только долженъ придти. Такъ, онъ не будетъ, напримѣръ, въ состоянiи привести мельчайшаго экспериментальнаго подтвержденiя принциповъ механики, прежде чѣмъ будутъ развиты во всей своей связи положенiя общей механики и не будутъ намѣчены основы механики неба. Кромѣ того, излагая наблюденiя, подтверждающiя эту группу теорiй, онъ долженъ будетъ предполагать извѣстными законы оптики, которые одни только оправдываютъ то или другое употребленiе астрономическихъ инструментовъ.

Учитель долженъ, поэтому, прежде всего развить существенныя теорiи науки. Излагая гипотезы, на которыхъ покоются эти теорiи, онъ долженъ, безъ сомнѣнiя, подготовить принятiе ихъ. Хорошо будетъ, если онъ будетъ ссылаться на данныя повседневнаго опыта, на факты, полученные повседневнымъ наблюденiемъ, на опыты простые, или мало еще анализированные, которые привели къ формулировкѣ этихъ гипотезъ. Къ этому пункту, впрочемъ, намъ придется вернуться еще въ слѣдующей главѣ. Но необходимо ясно и опредѣленно указать на то, что факты эти, достаточные для того, чтобы внушить эти гипотезы, недостаточны еще, чтобы подтвердить ихъ. Только построивъ огромное зданiе своей доктрины, только создавъ полную теорiю, физикъ можетъ заняться сравненiемъ данныхъ опыта съ послѣдствiями, вытекающими изъ этой теорiи.

Преподаванiе должно укрѣпить ученика въ слѣдующей основной истинѣ: экспериментальныя подтвержденiя представляютъ собой не основу теорiи, а ея вѣнецъ. Развитiе физики идетъ не тѣмъ путемъ, которымъ идетъ развитiе геометрiи: послѣдняя развивается, присоединяя къ доказаннымъ уже теоремамъ новыя теоремы, разъ

на всегда доказанныя; первая же есть символическая картина, размѣры и цѣльность которой все болѣе и болѣе возрастаютъ съ постоянными ретушевками картины. Физическая теорія, взятая въ цѣломъ, даетъ картину все болѣе и болѣе схожую съ совокупностью экспериментально установленныхъ фактовъ, между тѣмъ какъ каждая деталь этой картины, отрѣзанная и изолированная отъ цѣлаго, теряетъ всякое значеніе и не изображаетъ ничего.

Ученику, не усвоившему этой истины, физика будетъ представляться, какъ чудовищное нагроможденіе однихъ принциповъ, нуждающихся въ доказательствѣ, на другихъ и однихъ порочныхъ круговъ на другихъ. Если онъ обладаетъ строго логическимъ мышленіемъ, онъ съ отвращеніемъ отвернется отъ этихъ постоянныхъ конфликтовъ съ логикой. Если же онъ не способенъ къ строго логическому мышленію, онъ будетъ наизусть заучивать эти слова съ неточнымъ смысломъ, эти описанія опытовъ, неосуществленныхъ и неосуществимыхъ, эти разсужденія, представляющія лишь игру словъ, теряя въ этой неразумной работѣ памяти то немногое изъ здраваго смысла и критическаго мышленія, которымъ онъ обладалъ.

Ученикъ же, ясно понявшій изложенныя здѣсь мысли, не только усвоитъ извѣстную группу положеній физики, а онъ пойметъ также, какова природа и каковъ истинный методъ экспериментальной науки [1]).

§ VII.—Выводы касательно математическаго развитія физической теоріи.

Въ предыдущихъ нашихъ разсужденіяхъ все яснѣе и точнѣе вырисовывалась передъ нами точная природа физической теоріи, какъ и связей, которыя соединяютъ ее съ опытомъ.

Математическіе символы, служащіе для представленія различныхъ количествъ и различныхъ качествъ физическаго міра, съ одной стороны и съ другой стороны общіе постулаты, служащіе въ качествѣ принциповъ—вотъ тѣ матеріалы, изъ которыхъ строится эта теорія. Изъ этихъ матеріаловъ она должна построить логиче-

---

1) Намъ, навѣрное, возразятъ, что такъ преподавать физику для молодыхъ умовъ—дѣло трудное. Но отвѣтъ на это весьма простъ: не излагайте физики умамъ, не способнымъ еще воспринять ее. Госпожа де-Савиньи, когда зашла рѣчь о маленькихъ дѣтяхъ, замѣтила: «Прежде чѣмъ дать имъ мужицкую пищу, необходимо убѣдиться въ томъ, что у нихъ мужичьи желудки».

свое зданіе. Вотъ почему, набрасывая планъ этого зданія, она должна строго соблюдать законы, предписываемые логикой каждому дедуктивному умозаключенію, какъ и правила, которыя предписываются алгеброй каждой математической операціи.

Математическіе символы, которыми пользуется теорія, имѣютъ опредѣленный смыслъ только при вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ. Опредѣлить эти символы значитъ перечислить эти условія. Внѣ этихъ условій теорія должна отказаться отъ пользованія этими знаками. Такъ, согласно опредѣленію, абсолютная температура можетъ быть только положительной, масса тѣлъ неизмѣнна. Никогда теорія не припишетъ въ своихъ формулахъ абсолютной температурѣ значеніе нулевое или отрицательное; никогда она не позволитъ себѣ въ своихъ вычисленіяхъ измѣнить массу опредѣленнаго тѣла.

Въ качествѣ принциповъ теорія имѣетъ постулаты, т. е. положенія, которыя она можетъ формулировать, какъ ей угодно, при условіи, чтобы не было противорѣчій ни между выраженіями одного и того же постулата, ни между двумя различными постулатами. Но разъ постулаты выставлены, она должна соблюдать ихъ съ чрезвычайной строгостью. Разъ она положила въ основу своей системы принципъ сохраненія энергіи, напримѣръ, она должна запретить всякое утвержденіе, противорѣчащее этому принципу.

Подъ давленіемъ вотъ этихъ-то правилъ строится физическая теорія. Достаточно одного только упущенія, чтобъ система стала нелогичной и чтобы мы обязаны были отвергнуть ее и построить другую. Въ процессѣ своего развитія физическая теорія свободна выбрать какой ей угодно путь при условіи, чтобы она избѣгала только логическаго противорѣчія; въ частности она свободна совершенно не считаться съ фактами опыта.

Другое дѣло, когда теорія достигла полнаго своего развитія. Разъ только логическое зданіе закончено, становится необходимымъ сравнить группу математическихъ положеній, полученныхъ, какъ заключенія изъ этихъ длинныхъ дедукцій, съ группой фактовъ опыта. При посредствѣ одобренныхъ методовъ измѣренія необходимо убѣдиться въ томъ, что вторая группа находитъ въ первой достаточно сходное изображеніе, достаточно точный и полный символъ. Если это согласіе между заключеніями теоріи и фактами опыта не обнаруживается съ достаточнымъ приближеніемъ, то теорія можетъ быть вполнѣ логически построенной, она тѣмъ

не менѣе должна быть отвергнута, потому что она противорѣчитъ наблюденію, потому что она физически ложна.

Такимъ образомъ, сравненіе между заключеніями теоріи и экспериментально установленными истинами — дѣло неизбѣжное, потому что только очная ставка съ фактами можетъ придать теоріи цѣнность физической теоріи. Но эта очная ставка съ фактами должна быть предоставлена исключительно заключеніямъ теоріи, ибо только они разсматриваются, какъ изображеніе реальной дѣйствительности. Постулаты же, служащіе исходной точкой для теоріи, промежуточныя звенья, ведущія отъ постулатовъ къ заключеніямъ, этой провѣркѣ со стороны фактовъ подвержены быть не могутъ.

На предыдущихъ страницахъ мы подвергли весьма полному анализу ошибку тѣхъ, которые желаютъ подвергнуть одинъ изъ основныхъ постулатовъ физики непосредственному доказательству фактовъ при помощи, такъ называемаго, experimentum crucis, и въ особенности ошибку тѣхъ, которые принимаютъ въ качествѣ принциповъ только «индукціи, заключающіяся исключительно въ возведеніи въ общіе законы не истолкованіе, а самый результатъ весьма большого числа опытовъ» [1])

Перейдемъ теперь къ другой ошибкѣ, близко родственной первой. Заключается она въ требованіи, чтобы всѣ математическія операціи, произведенныя во время дедукцій, связывающихъ постулаты съ заключеніями, имѣли физическій смыслъ. Она заключается въ желаніи «разсуждать только объ операціяхъ осуществимыхъ» [2]), въ желаніи «вводить только величины, доступныя опыту».

Согласно этому требованію, всякая величина, введенная физикомъ въ свои формулы, должна быть связана при посредствѣ процесса измѣренія съ какимъ нибудь свойствомъ тѣла, всякая алгебраическая операція, произведенная надъ этими величинами, должна быть переводима при помощи этихъ процессовъ измѣренія на конкретный языкъ; будучи же такъ переведена, она должна выражать какой нибудь фактъ, реальный или возможный.

Подобнаго рода требованіе—законное, когда идетъ рѣчь о формулахъ конечныхъ, представляющихъ завершеніе теоріи,—не имѣетъ никакого смысла въ отношеніи формулъ и операцій, черезъ по-

---

[1]) Gustave Robin: Oeuvres scientifiques. Thermodynamique génerale. Jntroduction. стр. XIV.

[2]) G. Robin, loc. cit.

средство которыхъ совершается переходъ отъ постулатовъ къ заключеніямъ.

Возьмемъ примѣръ:

Дж. Гиббсъ подвергъ теоретическому изученію диссоціацію сложнаго газа на его элементы, разсматриваемые, какъ совершенные газы. Была получена формула, выражающая химическое равновѣсіе внутри подобной системы. Разберемъ эту формулу. Оставивъ давленіе, подъ которымъ находится смѣсь газовъ, безъ измѣненія, будемъ разсматривать абсолютную температуру, входящую въ формулу, и будемъ измѣнять ее отъ 0 до $+\infty$.

Если мы захотимъ приписать этой математической операціи какой нибудь физическій смыслъ, передъ нами встанетъ рядъ препятствій и трудностей. Нѣтъ ни одного термометра, который не знакомилъ бы насъ съ низкой температурой до опредѣленнаго только предѣла, ниже котораго онъ констратировать температуру уже не можетъ. Нѣтъ также ни одного термометра, который знакомилъ бы насъ съ температурой выше опредѣленнаго предѣла. Такимъ образомъ символъ этотъ, который мы называемъ абсолютной температурой, тѣми процессами измѣренія, которыми мы владѣемъ, можетъ быть переведенъ на языкъ, имѣющій конкретный смыслъ, только при томъ условіи, чтобы численная величина его оставалась сжатой между опредѣленнымъ минимумомъ и опредѣленнымъ максимумомъ. Кромѣ того и другой символъ, носящій въ термодинамикѣ названіе совершеннаго газа, при достаточно низкихъ температурахъ перестаетъ быть даже приблизительнымъ изображеніемъ какого нибудь реальнаго газа.

Всѣ эти трудности, какъ и множество другихъ, которыя было бы слишкомъ долго перечислять, исчезаютъ, когда принимаются во вниманіе замѣчанія, изложенныя нами выше. При конструкціи теоріи обсужденіе ея, о которомъ мы говорили, носитъ лишь вспомогательный характеръ и потому не основательно искать въ немъ какой нибудь физическій смыслъ. Только когда это обсужденіе привело насъ къ ряду основныхъ положеній, мы должны эти послѣднія сопоставить съ фактами опыта. Тогда мы можемъ провѣрить—въ предѣлахъ, въ которыхъ абсолютная температура можетъ быть переведена на языкъ конкретныхъ показаній термометра или въ которыхъ идея совершеннаго газа почти находитъ свое осуществленіе въ жидкостяхъ, наблюдаемыхъ нами,—согласуются ли наши заключенія съ результатами опыта.

Требуя, чтобы математическія операціи, при помощи которыхъ

изъ постулатовъ выводятъ вытекающія изъ нихъ послѣдствія, имѣли всегда физическій смыслъ, ставятъ математику неодолимыя препятствія, парализующія всякое движеніе впередъ. Можно дойти до того, чтобы вмѣстѣ съ Робеномъ усомниться въ полезности пользованія дифференціальнымъ исчисленіемъ. Дѣйствительно, если бы онъ старался всегда въ точности исполнять это требованіе, онъ не былъ бы въ состояніи почти произвести хотя бы одно вычисленіе: съ первыхъ же шаговъ теоретическая дедукція была бы парализована. Болѣе точное представленіе о физическомъ методѣ, болѣе рѣзкая демаркаціонная грань между положеніями, которыя должны быть сопоставлены съ фактами опыта, и положеніями, отъ этого свободными, снова вернутъ математику всю его свободу и позволятъ ему пользоваться — къ вящему успѣху физическихъ теорій—всѣми вспомогательными средствами алгебры.

§ VIII.—Существуютъ ли такіе постулаты физической теоріи, которые не могутъ быть опровергнуты опытомъ.

Можно узнать правильность принципа по легкости, съ которой онъ устраняетъ путаницу, возникающую изъ-за употребленія ошибочныхъ принциповъ.

Когда высказанная нами идея вѣрна, когда сравненіе между теоріей въ цѣломъ и фактами опыта въ цѣломъ сдѣлано, сейчасъ же исчезаетъ при свѣтѣ этого принципа вся темь, нависшая надъ нами, когда мы захотѣли подвергнуть контролю фактовъ всякую теоретическую гипотезу въ отдѣльности.

Среди утвержденій, парадоксальный по внѣшности видъ которыхъ мы желаемъ разсѣять, мы разсмотримъ прежде всего одно, именно то, которое за послѣдніе годы очень часто и формулировалось и комментировалось. Высказанное впервые Мильо [1]) по отношенію къ чистому тѣлу химіи, оно было подробно и пространно развито Пуанкарэ [2]) въ отношеніи къ принципамъ меха-

---

[1]) G. Milhaud: La Science rationnelle (Revue de Métaphysique et de Morale, 4-e année, 1896, стр. 280).—Le Rationnel, Paris, 1898, стр. 45.

[2]) H. Poincaré: Sur les Principes de la Mécanique (Bibliothèque du Congrès international de Philosophie. III. Logique et Histoire des Sciences. Paris, 1901; стр. 457).—Sur la valeur objective des théories physiques (Revue de Métaphysique et de Morale, 10-e année, 1902, стр. 263).—La science et l'Hypothèse стр. 110.

ники; съ большой ясностью формулировалъ его также Edouard le Roy [1]).

Утвержденіе это гласитъ такъ:

Нѣкоторыя основныя гипотезы физической теоріи не могутъ быть опровергнуты никакимъ опытомъ, потому что въ дѣйствительности они представляютъ лишь определенія и извѣстныя выраженія, употребляемыя физиками, получаютъ свой смыслъ только отъ нихъ.

Возьмемъ одинъ изъ примѣровъ, приводимыхъ Ed. le Roy. Когда тяжелое тѣло свободно падаетъ, ускореніе его паденія есть величина постоянная. Можетъ ли такой законъ быть опровергнутъ опытомъ? Нѣтъ, ибо онъ образуетъ само опредѣленіе того, что слѣдуетъ понимать подъ словами «свободное паденіе». Если бы, изучая паденіе тяжелаго тѣла, мы нашли, что движеніе его паденія не есть движеніе равномѣрно ускоренное, мы заключили бы не то, что формулированный законъ ложенъ, а то, что тѣло не падаетъ свободно, что какая нибудь причина мѣшаетъ его движенію, и разнорѣчіе между формулированнымъ закономъ и наблюденными фактами заставило бы насъ открыть эту причину и подвергнуть анализу ея дѣйствія.

Такимъ образомъ, заключаетъ Ed. le Roy, «законы не могутъ быть подтверждены, если брать вещи во всей точности.., ибо они сами образуютъ критерій для оцѣнки явленій и методовъ, при помощи которыхъ мы можемъ подвергнуть ихъ провѣркѣ съ точностью, выходящей за предѣлы всякой замѣтной границы».

Разсмотримъ нѣсколько подробнѣе это сравненіе между закономъ паденія тѣлъ и опытомъ съ точки зрѣнія изложенныхъ выше принциповъ.

Наши повседневныя наблюденія познакомили насъ съ цѣлой категоріей движеній, которыя мы сблизили и обобщили подъ именемъ движенія тяжелаго тѣла. Среди этихъ движеній находится и паденіе тяжелаго тѣла, когда этому паденію не мѣшаетъ никакое препятствіе. Отсюда ясно, что слова: «свободное паденіе тяжелаго тѣла» имѣютъ опредѣленный смыслъ для человѣка, опирающагося на однихъ только знаніяхъ здраваго смысла, но не имѣющаго ни малѣйшаго понятія о физическихъ теоріяхъ.

Съ другой стороны, физикъ создалъ для классификаціи зако-

---

[1]) Edouard le Roy: Un positivisme nouveau. (Revue de Mètaphysique et de Morale, 9-e annèe, 1901, стр. 143—144)

новъ движеній, о которыхъ идетъ здѣсь рѣчь, извѣстную теорію, теорію тяжести, составляющую важное примѣненіе научной механики. И въ этой теоріи, предназначенной дать символическое изображеніе дѣйствительности, рѣчь идетъ о «свободномъ паденіи тяжелаго тѣла». На основаніи гипотезъ, лежащихъ въ основѣ всей этой схемы, свободное паденіе необходимо должно быть паденіемъ равномѣрно ускореннымъ.

Теперь слова «свободное паденіе тяжелаго тѣла» имѣютъ два различныхъ смысла. Для человѣка, незнакомаго съ физическими теоріями, они имѣютъ свое реальное значеніе, означая то, чего ожидаетъ отъ нихъ здравый смыслъ, высказывая ихъ. Для физика же они имѣютъ символическій смыслъ, означая «паденіе равномѣрно ускоренное». Теорія не достигла бы поставленной ей цѣли, если бы второй смыслъ не былъ знакомъ перваго, если бы паденіе, разсматриваемое, какъ свободное, здравымъ смысломъ, не было вмѣстѣ съ тѣмъ паденіемъ равномѣрно *или почти* равномѣрно ускореннымъ, ибо какъ мы говорили уже выше, то, что констатируется здравымъ смысломъ, по самому существу своему, лишено точности.

И это согласіе, безъ котораго теорія должна была бы быть отвергнута безъ дальнихъ разсужденій, дѣйствительно оказывается на лицо: паденіе, которое здравый смыслъ объявляетъ почти свободнымъ, есть вмѣстѣ съ тѣмъ паденіе съ почти постояннымъ ускореніемъ. Но одно констатированіе этого согласія, лишь грубо приблизительнаго, насъ не удовлетворяетъ. Намъ нужна большая степень точности, чѣмъ та, которой можетъ достичь здравый смыслъ. Опираясь на придуманную нами теорію, мы конструируемъ аппараты, съ помощью которыхъ мы съ точностью можемъ узнать, есть ли паденіе тѣла равномѣрно ускоренное или нѣтъ. Эти аппараты показываютъ намъ, что данное паденіе, которое здравый смыслъ считаетъ паденіемъ свободнымъ, въ дѣйствительности обладаетъ ускореніемъ чуть чуть перемѣннымъ. Положеніе нашей теоріи, придающее свой символическій смыслъ словамъ «свободное паденіе», не воспроизводитъ съ достаточной точностью свойствъ паденія реальнаго и конкретнаго, которое мы наблюдали.

Тогда передъ нами открыты два пути.

Во первыхъ, мы можемъ объявить, что мы были правы, разсматривая изучаемое паденіе, какъ паденіе свободное, и требуя, чтобы теоретическое опредѣленіе этихъ словъ согласовалось съ нашими наблюденіями. Въ этомъ случаѣ наше теоретическое опредѣ-

леніе должно быть отвергнуто, ибо оно этому требованію не удовлетворяетъ. Мы должны построить новую механику, основанную на новыхъ гипотезахъ, механику, въ которой слова «свободное паденіе» означали бы не «паденіе равномѣрно ускоренное», а «паденіе, ускореніе котораго измѣняется, согласно извѣстному закону».

Во-вторыхъ, мы можемъ объявить, что мы были не правы, сближая конкретное паденіе, которое мы наблюдали, съ паденіемъ свободнымъ, символическимъ, опредѣленнымъ нашей теоріей; что послѣднее было схемой слишкомъ упрощенной перваго паденія; что для того, чтобы выразить, какъ слѣдуетъ, паденіе, къ которому относятся наши опыты, теоретикъ долженъ вообразить себѣ не паденіе свободно падающаго тяжелаго тѣла, а паденіе его при извѣстныхъ препятствіяхъ, каково, напримѣръ, сопротивленіе воздуха; что, выразивъ дѣйствіе этихъ препятствій при помощи соотвѣтственныхъ гипотезъ, онъ создастъ схему болѣе сложную, но зато болѣе способную воспроизвести детали опыта. Однимъ словомъ, мы можемъ — пользуясь выраженіями, объясненными нами уже выше (гл. IV, § III) — попытаться устранить при помощи соотвѣтственныхъ поправокъ источники ошибокъ, вліяющихъ на нашъ опытъ, каково, напримѣръ, сопротивленіе воздуха.

Le Roy утверждаетъ, что мы выберемъ не первый, а второй путь, и онъ, безъ сомнѣнія, правъ. Не трудно понять и причины, диктующія намъ этотъ выборъ. Если бы мы выбрали первый путь, мы были бы вынуждены разрушить до основанія весьма обширную теоретическую систему, весьма удовлетворительнымъ образомъ представляющую намъ весьма обширную, весьма сложную группу экспериментальныхъ законовъ. Напротивъ того, избравъ же второй путь, мы не теряемъ ни одной пяди земли, завоеванной уже физической теоріей. Болѣе того, мы такъ часто достигали успѣховъ на этомъ пути, что мы въ правѣ и здѣсь констатировать новый успѣхъ. Но въ этомъ довѣріи къ закону паденія тяжелыхъ тѣлъ мы не видимъ ни малѣйшей аналогіи съ той достовѣрностью, которую геометрическое опредѣленіе черпаетъ въ самой своей сущности, съ той достовѣрностью, при которой было бы безсмысленно усомниться въ томъ, что различныя точки окружности круга находятся на равномъ разстояніи отъ центра его.

Здѣсь передъ нами лишь частное примѣненіе принципа, изложеннаго въ § II. Несогласіе между конкретными фактами, составляющими какой-нибудь опытъ, и символическимъ представленіемъ, которое теорія ставитъ на мѣсто этого послѣдняго, доказываетъ

намъ, что какая-нибудь часть этого символа должна быть отвергнута. Но какая же именно? Вотъ именно этого экспериментъ намъ не говоритъ, это дѣло нашей прозорливости. Но среди теоретическихъ элементовъ, входящихъ въ составъ этого символа, есть всегда извѣстное число, которое физики данной эпохи принимаютъ безъ провѣрки, кака нѣчто, стоящее внѣ сомнѣнія. Очевидно, что физикъ, будучи вынужденъ видоизмѣнить этотъ символъ, подвергнетъ измѣненіямъ не эти элементы, а другіе.

Но если физикъ такъ именно дѣлаетъ, то онъ этого вовсе не дѣлаетъ вслѣдствіе логической необходимости. Поступая иначе, онъ обнаружитъ, можетъ быть, мало прозорливости, или недостаточную освѣдомленность, но его во всякомъ случаѣ никоимъ образомъ нельзя поставить на ряду съ математикомъ, настолько неразумнымъ, чтобы противорѣчить собственнымъ своимъ опредѣленіямъ; онъ не сдѣлаетъ ничего абсурднаго. Болѣе того, поступая иначе, отказываясь обратиться къ источникамъ ошибокъ и прибѣгнуть къ поправкамъ для установленія связи между теоретической схемой и фактомъ, предпринявъ рѣшительную реформу основныхъ положеній, всѣми признаваемыхъ неприкосновенными, онъ можетъ совершить геніальную работу, которая откроетъ передъ теоріей новые пути.

И дѣйствительно, слѣдуетъ остерегаться этой вѣры въ то, что гипотезы эти,—ставшія общепризнанными истинами, достовѣрность которыхъ не боится ни малѣйшаго экспериментальнаго противорѣчія, отбрасывая его на другія положенія, болѣе сомнительныя,—разъ на всегда обезпечены отъ противорѣчій. Исторія физики знаетъ не мало случаевъ, когда умъ человѣческій былъ вынужденъ совершенно отказаться отъ принциповъ, всѣми и на протяженіи вѣковъ признаваемыхъ за неоспоримыя истины, и построить сызнова свои физическія теоріи на новыхъ гипотезахъ.

Былъ ли, напримѣръ, на протяженіи тысячелѣтій болѣе ясный и болѣе достовѣрный принципъ, чѣмъ слѣдующій: въ однородной средѣ свѣтъ распространяется по прямой линіи? Эта гипотеза не только лежитъ въ основѣ всей древней оптики, катоптрики и діоптрики, элегантные геометрическіе выводы которой могли представить по желанію огромное число фактовъ, но оно стало даже, такъ сказать, физическимъ опредѣленіемъ прямой линіи. Къ этой гипотезѣ долженъ былъ аппелировать всякій человѣкъ, который желалъ провести прямую линію: и плотникъ, провѣрявшій прямоту бревна, и землемѣръ, разставлявшій свои вѣхи, и занимающійся геодезіей, устанавливавшій направленіе при помощи діоптера своей алидады,

и астрономъ, опредѣлявшій положеніе звѣздъ при помощи оптической оси своей зрительной трубы. И между тѣмъ настал день, когда надоѣло приписывать явленія преломленія свѣта, наблюденныя Гримальди, какому то источнику ошибки, когда рѣшились отвергнуть законъ прямолинейнаго распространенія свѣта и построить оптику на совершенно новыхъ началахъ. И это смѣлое рѣшеніе послужило исходнымъ началомъ удивительнаго прогресса физической теоріи.

§ IX.—Гипотезы, точное выраженіе которыхъ не имѣетъ никакого экспериментальнаго смысла.

Этотъ примѣръ и множество другихъ, съ которыми знакомитъ насъ исторія науки, показываютъ намъ, что было бы весьма неразумно сказать о гипотезѣ, встрѣчающей въ настоящее время всеобщее признаніе: «Мы увѣрены въ томъ, что не можетъ быть какого-нибудь новаго опыта какой угодно точности, который заставилъ бы насъ отказаться отъ этой гипотезы». А между тѣмъ это утвержденіе спѣшитъ высказать Пуанкарэ [1]) относительно принциповъ механики.

Къ изложеннымъ уже выше доводамъ, въ доказательство того, что эти принципы не могутъ быть опровергнуты экспериментально, Пуанкарэ присоединяетъ еще одинъ, какъ будто бы еще болѣе убѣдительный: принципы эти не только потому не могутъ быть опровергнуты опытомъ, что они представляютъ собою общепризнанныя правила, при помощи которыхъ мы открываемъ въ нашихъ теоріяхъ недостатки, открытые этими противорѣчіями, а потому еще, что *операція, при помощи которой мы захотѣли бы сопоставить ихъ съ фактами, не имѣла бы никакого смысла.*

Объяснимъ это на примѣрѣ.

Принципъ инерціи учитъ насъ, что матеріальная точка, подвергнутая возцѣйствію какого нибудь другого тѣла, движется съ равномѣрной скоростью въ прямолинейномъ направленіи. Но мы можемъ наблюдать движенія только относительныя. Поэтому, принципъ этотъ получаетъ экспериментальный смыслъ только въ томъ случаѣ, когда мы выбираемъ какой нибудь опредѣленный пунктъ, какое нибудь твердое геометрическое тѣло, считаемъ его неподвижнымъ

---

1) H. Poincaré: Sur les principes de la Mécanique (Bibliothèque du Congres nternational de Philosophie. III. Logique et Histoire des Sciences. Paris, 1901; стр. 475, 491).

и къ нему относимъ движеніе нашей матеріальной точки. Фиксація этой неподвижной точки составляетъ неразрывную часть выраженія самого закона. Если эта неподвижная точка не фиксирована, выраженіе закона теряетъ всякій смыслъ. И сколько различныхъ такихъ опорныхъ пунктовъ, столько и различныхъ законовъ. Мы выразимъ одинъ законъ инерціи, если скажемъ, что движеніе изолированной точки, отнесенное къ землѣ—прямолинейно и равномѣрно, но мы выразимъ другой законъ, если ту же фразу повторимъ, относя движеніе къ солнцу, и еще другой законъ, если мы отнесемъ движеніе къ системѣ неподвижныхъ звѣздъ. Но тогда несомнѣнно одно: каково бы ни было движеніе матеріальной точки, отнесенное къ одной неподвижной точкѣ, можно всегда—и самымъ различнымъ образомъ—выбрать вторую точку такъ, что если смотрѣть съ нея, наша матеріальная точка будетъ какъ будто двигаться прямолинейно и равномѣрно. Поэтому, не слѣдуетъ искать экспериментальнаго подтвержденія принципа инерціи. Ложный, если относить движенія къ одной неподвижной точкѣ, онъ можетъ стать истиннымъ, если выбрать другой путь для сравненія, а выбрать этотъ *послѣдній остается всегда возможнымъ*.

Если бы законъ инерціи, сформулированный по отношенію къ землѣ, какъ къ неподвижному пункту, оказался въ противорѣчіи съ фактами наблюденія, можно было бы его замѣнить закономъ инерціи, въ которомъ движенія были бы отнесены къ солнцу. Если бы и этотъ законъ въ свою очередь оказался бы ложнымъ, можно было бы замѣнить солнце системой неподвижныхъ звѣздъ и такъ далѣе. Сдѣлать эту отговорку невозможной мы не въ силахъ.

Къ аналогичнымъ же замѣчаніямъ даетъ поводъ принципъ равенства дѣйствія и противодѣйствія, подробно анализированный Пуанкарэ [1]). Принципъ этотъ можетъ быть формулированъ слѣдующимъ образомъ.

«Центръ тяжести изолированной системы можетъ обладать движеніемъ только прямолинейнымъ и равномѣрнымъ».

Провѣримъ этотъ принципъ на опытѣ. «Возможна ли такая провѣрка? Для этого необходимо, чтобы существовали изолированныя системы. Но такихъ системъ въ дѣйствительности не бываетъ; единственная изолированная система—это вся вселенная».

«Но нашему наблюденію доступны только относительныя движенія. Абсолютное движеніе центра тяжести вселенной должно,

---

[1]) H. Poincaré. loc. cit., стр. 472 и слѣд.

поэтому, навсегда остаться для насъ неизвѣстнымъ. Мы никогда узнать не сможемъ, прямолинейное ли оно или равномѣрное, или— вѣрнѣе говоря—самый вопросъ объ этомъ не имѣетъ никакого смысла. Каковы бы ни были факты нашего наблюденія, мы всегда свободны будемъ допустить, что нашъ принципъ вѣренъ».

Такимъ образомъ есть нѣкоторые принципы въ механикѣ такой формы, что прямо абсурдно спросить: согласуется ли этотъ принципъ съ данными опыта или не согласуется? Этотъ странный характеръ не есть исключительное достояніе принциповъ механики. Въ такой же мѣрѣ онъ присущъ и нѣкоторымъ основнымъ гипотезамъ нашихъ физическихъ и химическихъ теорій [1]).

Такъ, химическая теорія, напримѣръ, всецѣло покоится на закона кратныхъ отношеній. Приведемъ точную формулировку этого закона:

Простыя тѣла *A*, *B*, *C* могутъ образовать, вступая въ соединенія въ различныхъ пропорціяхъ, различныя сложныя тѣла *M*, *M′*... Массы тѣлъ *A*, *B*, *C*, образующихъ соединеніе *M*, относятся другъ къ другу, какъ числа *a*, *b*, *c*. Въ такомъ случаѣ массы элементовъ *A*, *B*, *C*, образующихъ соединеніе *M*, относятся другъ къ другу, какъ числа αa, βb, γc, гдѣ α, β, γ суть числа цѣлыя.

Можетъ ли этотъ законъ быть провѣренъ на опытѣ? Химическій анализъ знакомитъ насъ съ химическимъ составомъ тѣла M′ не вполнѣ точно, а съ извѣстнымъ приближеніемъ. Неточность полученныхъ результатовъ можетъ быть чрезвычайно мала, но она никогда не равна вполнѣ нулю. Въ какихъ бы отношеніяхъ элементы *A*, *B*, *C* ни входили въ составъ тѣла *M′*, можно всегда выразить эти отношенія съ приближеніемъ любой величины черезъ взаимныя отношенія трехъ произведеній αa, βb, γc гдѣ α, β, γ, будутъ цѣлыя числа. Другими словами, каковы бы ни были результаты химическаго анализа сложнаго тѣла *M′*, существуетъ всегда увѣренность въ томъ, что могутъ быть найдены три цѣлыхъ числа α, β, γ, при помощи которыхъ законъ кратныхъ отношеній окажется подтвержденнымъ съ точностью, большей той, которой обладаютъ эксперименты. Поэтому, никогда химическій анализъ, какъ бы онъ ни былъ точенъ, не сможетъ найти погрѣшность въ законѣ кратныхъ отношеній.

Подобнымъ же образомъ, вся кристаллографія покоится на за-

---

[1]) P. Duhem: Le Mixte et la combinaison chimique; Essai sur l'Évolution d'une idée, Paris, 1902, стр. 159—161.

конѣ раціональныхъ показателей, который формулируется слѣдующимъ образомъ:

Тріэдръ образуется тремя кристаллическими поверхностями, четвертая же поверхность срѣзываетъ три ребра его на разстояніяхъ отъ вершины, относящихся другъ къ другу, какъ числа $a\,b\,c$; числа эти суть параметры кристалла. Какая-нибудь другая поверхность можетъ срѣзывать эти ребра на розстояніяхъ отъ вершины, относящихся другъ къ другу, какъ $\alpha\,a$, $\beta\,b$, $\gamma\,c$, гдѣ α, β, γ суть три цѣлыхъ числа, показатели новой кристаллической поверхности.

Самый совершенный гоніометръ опредѣляетъ положеніе кристаллической поверхности только съ извѣстнымъ приближеніемъ. Отношеніе между тремя отрѣзками, отрѣзываемыми такой поверхностью на граняхъ основного тріэдра, никогда не бываютъ свободны отъ извѣстной ошибки. Какъ бы ни была мала эта ошибка, можно выбрать три числа α, β, γ такъ, чтобы взаимныя отношенія между этими отрѣзками могли быть выражены съ меньшей ошибкой черезъ взаимныя отношенія трехъ чиселъ $\alpha\,a$, $\beta\,b$, $\gamma\,c$. Кристаллографъ, который захотѣлъ бы провѣрить законъ раціональныхъ показателей на своемъ гоніометрѣ, безъ сомнѣнія, не понялъ бы самаго смысла собственныхъ своихъ словъ.

Законъ кратныхъ отношеній, законъ раціональныхъ показателей суть математическія выраженія, лишенныя всякаго физическаго смысла. Математическое выраженіе лишь тогда имѣетъ физическій смыслъ, когда оно сохраняетъ свое значеніе послѣ введенія въ него слова «приблизительно». Но этого именно и нельзя сказать о выраженіяхъ, о которыхъ мы только что говорили. Дѣйствительно, содержаніемъ ихъ является утвержденіе, что извѣстныя отношенія суть соизмѣримыя числа. Но, вѣдь, они превратились бы въ простые труизмы, если бы они гласили, что эти отношенія приблизительно соизмѣримы: вѣдь, всякое несоизмѣримое отношеніе бываетъ всегда соизмѣримо приблизительно, и оно даже соизмѣримо съ любымъ приближеніемъ.

Было бы, поэтому, абсурдомъ подвергать извѣстные принципы механики *прямой провѣркѣ* опыта; въ такой же мѣрѣ было бы абсурдомъ подвергать прямой провѣркѣ законъ кратныхъ отношеній или законъ раціональыхъ показателей.

Но значитъ ли это, что гипотезамъ этимъ, недоступнымъ прямой провѣркѣ на опытѣ, никакая опасность со стороны опыта не грозитъ? Значитъ ли это, что онѣ останутся неизмѣнными, къ ка-

кимъ бы открытіямъ ни привело наблюденіе фактовъ? Было бы большой ошибкой утверждать что-либо подобное.

Взятыя въ отдѣльности, всѣ эти различныя гипотезы не имѣютъ никакого экспериментальнаго смысла. Не можетъ быть и рѣчи о подтвержденіи или опроверженіи ихъ со стороны опыта. Но гипотезы эти входятъ въ качествѣ существенныхъ основъ въ составъ извѣстныхъ теорій, каковы теоретическая механика, химическая теорія, кристаллографія. Цѣль этихъ теорій—символическое описаніе экспериментальныхъ законовъ; это—схемы, по самому существу своему подлежащія сравненію съ фактами опыта.

И вотъ это сравненіе въ одинъ прекрасный день можетъ установить, что одинъ изъ нашихъ символовъ плохо соотвѣтствуетъ той реальности, которую онъ долженъ представить; что поправки, которыя усложняютъ нашу схему, не достаточны, чтобы создать удовлетворительное согласіе между этой схемой и фактами; что теорія, долгое время принимаемая безъ противорѣчій, должна быть отвергнута и что должна быть построена совсѣмъ другая теорія на основѣ совершенно новыхъ гипотезъ. Въ этотъ день кое-какая изъ нашихъ гипотезъ, которая, будучи взята въ отдѣльности, не могла быть подвергнута прямой провѣркѣ со стороны опыта, вмѣстѣ съ системой, которая на ней основывалась, потерпитъ крушеніе подъ тяжестью противорѣчій между реальной дѣйствительностью и выводами, вытекающими изъ этой системы, какъ цѣлаго [1]).

Въ дѣйствительности, гипотезы, которыя, будучи взяты въ отдѣльности, не имѣютъ никакого физическаго смысла, въ такой же мѣрѣ подвержены контролю опыта, какъ и другія гипотезы. Мы видѣли уже въ началѣ настоящей главы, что какова бы ни была природа гипотезы, она никогда не можетъ быть опровергнута опытомъ, взятая въ отдѣльности. Противорѣчіе со стороны опыта касается всегда нѣкоторой группы теорій, какъ чего-то цѣлаго, и никогда невозможно выдѣлить изъ этой группы именно то положеніе, которое должно было отвергнуто.

[1]) На интернаціональномъ философскомъ конгрессѣ въ 1900 г. въ Парижѣ Пуанкарэ развивалъ слѣдующую мысль: „Отсюда ясно, что опытъ могъ построить (или внушить) принципы механики, но никогда не сможетъ опрокинуть ихъ". Противъ этого вывода Гадамаръ привелъ нѣсколько возраженій и среди нихъ, между прочимъ, слѣдующее: „Кромѣ того, какъ это, между прочимъ, замѣтилъ Дюгемъ, не одна лишь изолированная гипотеза, а только цѣлая группа гипотезъ механики можетъ быть провѣрена на опытѣ". Revue de Métaphysique et de Morale, 8-e année, 1900, стр. 559).

Такимъ образомъ исчезаетъ всякая парадоксальность изъ утвержденія: нѣкоторыя физическія теоріи имѣютъ въ своей основѣ гипотезы, лишенныя всякаго физическаго смысла.

§ X.—Отъ здраваго смысла зависитъ, какія гипотезы должны быть отвергнуты.

Когда какой-нибудь экспериментъ оказывается въ противорѣчіи съ какими-нибудь выводами изъ теоріи, то это намъ показываетъ, правда, что теорія эта нуждается въ исправленіи, но это намъ не показываетъ еще, что именно нуждается въ ней въ исправленіи. Дѣло прозорливости физика найти недостатокъ, которымъ страдаетъ вся система. Никакой абсолютный принципъ не служитъ руководящимъ началомъ этого изслѣдованія. Различные физики осуществляютъ его различнымъ образомъ и никто изъ нихъ не вправѣ обвинять другого въ нелогичности. Одинъ, напримѣръ, можетъ считать своей обязанностью стоять на стражѣ извѣстныхъ основныхъ гипотезъ. Усложняя схему, въ которой эти гипотезы находятъ примѣненіе, вскрывая источники различныхъ ошибокъ, пріумножая поправки, онъ стремится къ установленію согласія между послѣдствіями, вытекающими изъ теоріи, и фактами. Другой можетъ отнестись съ пренебреженіемъ къ этимъ сложнымъ махинаціямъ и рѣшиться измѣнить кое-какое изъ существенныхъ положеній, лежащихъ въ основѣ всей системы. Первый не вправѣ заранѣе осудить смѣлость второго, какъ и второй не вправѣ назвать абсурдной опасливость перваго. Методы, которымъ они слѣдуютъ, могутъ быть оправданы только опытомъ, и если оба они удовлетворяютъ его требованіямъ, то и тотъ и другой логически имѣютъ право быть довольнымъ своей работой.

Это вовсе не значитъ, что нѣтъ здѣсь весьма важныхъ основаній для того, чтобы предпочесть работу одного изъ нихъ. Чистая логика—не исключительное руководящее начало въ нашихъ сужденіяхъ. Могутъ быть и взгляды, хотя и не опровергнутые на основаніи принципа противорѣчія, но тѣмъ не менѣе неразумные. Вотъ эти мотивы, не вытекающіе изъ логики и тѣмъ не менѣе опредѣляющіе нашъ выборъ, тѣ «резоны, которыхъ нашъ разумъ не знаетъ», которые аппелируютъ къ тонкому уму, но не къ уму математическому, образуютъ то, что весьма удачно названо здравымъ смысломъ.

Бываетъ и такъ, что здравый смыслъ позволяетъ намъ

рѣшить споръ между двумя физиками. Такъ, мы можемъ найти не совсѣмъ разумной поспѣшность, съ которой второй нашъ физикъ разрушаетъ принципы крупной и гармонически построенной теоріи, разъ достаточны нѣкоторыя поправки въ деталяхъ, чтобы теорія эта вновь оказалась въ согласіи съ фактами. Но можетъ случиться и наоборотъ, чтобъ мы нашли дѣтскимъ и неразумнымъ упорство, обнаруживаемое первымъ физикомъ, который при помощи постоянныхъ поправокъ и цѣлаго лѣса сложныхъ, поддерживающихъ колоннъ старается удержать во что бы то ни стало прогнившіе столбы стараго зданія, давшаго трещины по всѣмъ направленіямъ въ то время, какъ разрушеніе этого зданія дало бы возможность построить простое, элегантное и прочное зданіе на основѣ новыхъ гипотезъ.

Но эти соображенія здраваго смысла не обладаютъ той неодолимой убѣдительной силой, какой обладаютъ предписанія логики. Въ нихъ есть кое-что ненадежное, колеблющееся. Они не появляются въ одно и то же время съ одинаковой ясностью въ всѣхъ головахъ. Отсюда возможность длинныхъ споровъ между сторонниками старой системы и адептами новой доктрины, когда каждая сторона считаетъ, что здравый смыслъ на ея сторонѣ и что доводы противниковъ недостаточны. Съ такими спорами насъ знакомитъ исторія физики въ многочисленныхъ примѣрахъ, относящихся къ различнымъ эпохамъ и къ различнымъ областямъ. Напомнимъ только упорство и остроуміе, съ которыми Біо при помощи ряда поправокъ и вспомогательныхъ гипотезъ старался удержать въ оптикѣ эммиссіонную теорію въ то время, какъ Френель не переставалъ выдвигать противъ этой доктрины все новые и новые опыты, благопріятные волнообразной теоріи свѣта.

Во всякомъ случаѣ этому состоянію нерѣшительности всегда наступаетъ конецъ. Въ одинъ прекрасный день здравый смыслъ столь ясно объявляетъ себя на сторонѣ одной изъ двухъ спорящихъ сторонъ, что вторая сторона признаетъ себя побѣжденной, хотя чистая логика не запрещаетъ еще продолжать борьбу. Послѣ того, какъ опытъ Фуко показалъ, что свѣтъ распространяется скорѣе въ воздухѣ, чѣмъ въ водѣ, Біо отказался поддерживать эммиссіонную гипотезу. Чистая логика вовсе не требовала со всей строгостью отказа отъ этой гипотезы, ибо экспериментъ Фуко вовсе не былъ тѣмъ experimentum crucis, который видѣлъ въ немъ Араго. Но продолжая вовставать противъ волнообразной теоріи свѣта, Біо оказался бы въ конфликтѣ со здравымъ смысломъ.

Но такъ какъ моментъ, когда недостаточная гипотеза должна уступить свое мѣсто допущенію болѣе плодотворному, не отмѣчается логикой со всей строгостью и точностью, ей присущей, такъ какъ опредѣлить этотъ моментъ есть дѣло здраваго смысла, то физики могутъ ускорить это рѣшеніе, ускорить прогрессъ науки, стараясь сохранить въ себѣ самихъ этотъ здравый смыслъ въ наиболѣе яркомъ, наиболѣе бодрствующимъ состояніи. Но ничто не стѣсняетъ здраваго смысла, ничто такъ не затемняетъ ясность взгляда, какъ страсти и интересы. Ничто, поэтому, не замедляетъ такъ рѣшенія, результатомъ котораго должно явиться удачное преобразованіе физической теоріи, какъ тщеславіе физика, слишкомъ снисходительнаго къ собственной своей системѣ и слишкомъ строгаго къ системѣ другихъ физиковъ. Такимъ образомъ мы приходимъ къ слѣдующему выводу, столь ясно формулированному Клодомъ Бернаромъ: здравая экспериментальная критика какой-нибудь гипотезы подчинена опредѣленнымъ моральнымъ условіямъ; для правильной и точной оцѣнки согласія между физической теоріей и фактами недостаточно быть хорошимъ математикомъ и ловкимъ экспериментаторомъ, а необходимо еще быть честнымъ и безпартійнымъ судьей.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Выборъ гипотезъ.

§ I.—Къ чему сводятся условія, выставляемыя логикой при выборѣ гипотезъ.

Мы подвергли тщательному анализу различныя операціи, которыми строится физическая теорія. Мы подвергли въ частности строгой критикѣ правила, позволяющія сопоставить выводы изъ теоріи съ экспериментально установленными законами. Теперь мы можемъ вернуться къ самимъ основамъ теорій и, зная, что должно на нихъ покоиться, сказать, чѣмъ онѣ должны быть. Попробуемъ дать теперь отвѣтъ на слѣдующій вопросъ: какія условія, согласно требованіямъ логики, должны быть выполнены при выборѣ гипотезъ, которыя должны быть положены въ основу физической теоріи?

Впрочемъ, различныя проблемы, разсмотрѣнныя нами на предыдущихъ страницахъ, рѣшеніе, которое мы имъ дали, диктуютъ намъ, такъ сказать, этотъ отвѣтъ.

Требуетъ ли логика, чтобы наши гипотезы вытекали изъ какой-нибудь космологической системы или, по крайней мѣрѣ, чтобы они были въ согласіи съ выводами изъ такой системы? Ничуть не бывало. Наши физическія теоріи вовсе не стремятся быть объясненіями; наши гипотезы вовсе не являются допущеніями касательно самой природы матеріальныхъ вещей. Наши теоріи имѣютъ цѣлью только экономическое обобщеніе и классификацію экспериментальныхъ законовъ. Они автономны и независимы отъ всей и всякой метафизической системы. Наши гипотезы, на которыхъ мы строимъ наши теоріи, не имѣютъ, поэтому, нужды заимствовать свой матеріалъ у той или другой философской доктрины. Онѣ не ссылаются на авторитетъ той или другой метафизической школы и не боятся ея критики.

Желаетъ ли логика, чтобы наши гипотезы были только экспериментальными законами, обобщенными черезъ индукцію? Логика не можетъ выставлять требованій, исполненіе которыхъ невозможно. На предыдущихъ же страницахъ мы установили, что однимъ чисто индуктивнымъ методомъ построить теорію невозможно. Ньютонъ и Амперъ пытались это сдѣлать, но потерпѣли крушеніе, а между тѣмъ оба эти геніи похвалялись, что они ничего не допустили въ своихъ системахъ, что не вытекало бы всецѣло изъ опыта. Поэтому, мы ничего не имѣемъ противъ того, чтобы принять въ число основъ, на которыхъ покоится наша физика, и такіе постулаты, которые вовсе не являются плодомъ опыта.

Предписываетъ ли намъ логика, чтобы мы вводили наши гипотезы одну за другой и каждую изъ нихъ подвергали точной провѣркѣ, прежде чѣмъ признать ее пріемлемой? И это было бы требованіемъ абсурднымъ. Каждая экспериментальная провѣрка пользуется самыми различными частями физики, аппелируетъ къ безчисленнымъ гипотезамъ. Никогда не можетъ быть подвержена провѣркѣ одна только опредѣленная гипотеза, отдѣленная отъ всѣхъ другихъ. Логика не можетъ требовать, чтобы подвергнуты были провѣркѣ одна за другой всѣ гипотезы, пользованіе которыми имѣется въ виду, ибо осуществленіе такого требованія невозможно.

Какія же условія выставляетъ логика при выборѣ гипотезъ, на которыхъ должна покоиться физическая теорія? Условія эти троякого рода.

Во-первыхъ, гипотеза должна быть свободна отъ внутреннихъ противорѣчій, ибо физикъ вовсе не желаетъ заявлять что-нибудь безсмысленное.

Во-вторыхъ, различныя гипотезы, которыя должны быть положены въ основу физической теоріи, не должны противорѣчить другъ другу. Физическая теорія не куча какая-нибудь отдѣльныхъ и между собой не связанныхъ моделей. Физика ревностно старается сохранить логическое единство, ибо нѣкоторое непосредственное, интуитивное чувство, котораго мы не можемъ объяснить, но и подавить въ себѣ не можемъ, подсказываетъ намъ, что только при этомъ условіи теорія достигнетъ своей идеальной формы—формы естественной классификаціи.

Въ-третьихъ, гипотезы должны быть такъ выбраны, чтобы математическіе выводы изъ всей системы ихъ символически воспроизводили съ достаточнымъ приближеніемъ всю систему экспериментальныхъ законовъ. Схематическое представленіе—при

помощи математическихъ символовъ—тѣхъ законовъ, которые были установлены экспериментаторомъ,—такова въ дѣйствительности настоящая цѣль физической теоріи. Всякая теорія, хотя бы одинъ выводъ изъ которой оказался бы въ явномъ противорѣчіи съ какимъ-нибудь закономъ, установленнымъ наблюденіемъ, должна быть безпощадно отвергнута. Но нѣтъ вовсе никакой возможности сопоставлять одинъ какой-нибудь отдѣльный выводъ изъ теоріи съ отдѣльнымъ экспериментальнымъ закономъ; должны быть сопоставлены одна съ другой и должны оказаться сходными только двѣ системы, взятыя во всей своей цѣлости: вся система теоретическихъ представленій съ одной стороны и вся система данныхъ наблюденія—съ другой.

§ II. — Гипотезы не продуктъ мгновеннаго творчества, а результатъ прогрессивнаго развитія. Всемірное тяготѣніе, какъ примѣръ.

Къ этимъ тремъ условіямъ сводятся требованія логики къ гипотезамъ, которыя должны быть положены въ основу физической теоріи. Если онъ соблюдаетъ эти условія, теоретикъ въ остальномъ пользуется полной свободой, и онъ можетъ выбирать основы системы, которую онъ хочетъ строить, какъ ему заблагоразсудится.

Но не окажется ли подобная свобода стѣснительнѣе всякихъ препятствій?

Еще бы! Предъ глазами физика встаютъ, теряясь въ безконечности, безчисленное множество, безпорядочныя груды экспериментальныхъ законовъ, которыхъ ничто еще не обобщаетъ, не приводитъ въ извѣстную систему, не классифицируетъ. Онъ долженъ формулировать принципы, выводы изъ которыхъ должны дать простое, ясное и упорядоченное представленіе этого ужасающаго множества данныхъ наблюденія. Но прежде, чѣмъ онъ можетъ оцѣнить, достигаютъ ли выводы изъ его гипотезъ своей цѣли, прежде чѣмъ онъ можетъ узнать, даютъ ли они похожія изображенія этихъ законовъ и методическую ихъ классификацію, онъ долженъ установить всю систему своихъ допущеній. И когда онъ обращается къ логикѣ съ просьбой о руководствѣ въ этой трудной работѣ, съ просьбой указать ему, какія гипотезы ему слѣдуетъ выбрать и какія отвергнуть, онъ въ отвѣтъ получаетъ отъ нея одно только предписаніе: избѣгать противорѣчій!—предписаніе, которое можетъ привести въ отчаяніе въ виду огромнаго простора, оставляемаго

его нерѣшительности. Можетъ ли принести пользу человѣку столь неограниченная свобода? На столько ли силенъ интеллектъ его, чтобы создать физическую теорію какъ бы изъ одного куска.

Нѣтъ, безъ сомнѣнія. Да и исторія науки намъ показываетъ, что ни одна физическая теорія не была такъ создана. Какую физическую теорію мы ни возьмемъ, она всегда строилась при посредствѣ ряда поправокъ; только путемъ этихъ поправокъ шло развитіе ея отъ первыхъ безформенныхъ почти набросковъ ея до наиболѣе совершенной ея формы. И при всякой изъ этихъ поправокъ свободная инициатива физика опредѣлялась, поддерживалась, направлялась, порой даже повелительно диктовалась самыми различными обстоятельствами, мнѣніями людей, какъ и свидѣтельствомъ фактовъ. Физическая теорія не есть продуктъ мгновеннаго творчества, а она есть всегда медленный и прогрессивно развивающійся результатъ извѣстной эволюціи.

Нѣсколько ударовъ клюва о скорлупу яйца и молодой цыпленокъ выскакиваетъ изъ своей темницы. Видя это, ребенокъ можетъ представить себѣ, что эта твердая и неподвижная масса, столь похожая на бѣлые камешки на берегу ручья, вдругъ получила жизнь и создала цыпленка, который сталъ бѣгать и пищать. Но тамъ, гдѣ его дѣтское воображеніе видитъ внезапное твореніе, натуралистъ видитъ послѣднюю фазу длиннаго процесса развитія. Онъ восходитъ въ своихъ мысляхъ къ моменту перваго сліянія двухъ микроскопическихъ ядеръ, прослѣживаетъ рядъ дѣленій, дифференціацій, всасываній, въ результатѣ которыхъ клѣтка за клѣткой развилось тѣло молодого цыпленка.

Человѣкъ, незнакомый съ физикой, судитъ о происхожденіи физическихъ теорій такъ же, какъ ребенокъ о рожденіи цыпленка. Ему представляется, что стоило только волшебницѣ, носящей названіе науки, прикоснуться своимъ магическимъ жезломъ ко лбу геніальнаго человѣка, чтобы теорія сейчасъ же объявилась живая и совершенная, какъ Паллада Аѳина вышла въ полномъ вооруженіи изъ лба Юпитера. Ему представляется, что достаточно было Ньютону увидѣть, какъ яблоко упало на землю, чтобы дѣйствія паденія тяжелыхъ тѣлъ, движенія земного шара, луны, планетъ и ихъ спутниковъ, блужданія кометъ, явленія прилива и отлива въ океанѣ обобщить и классифицировать въ одномъ этомъ положеніи: два любыхъ тѣла притягиваются другъ къ другу съ силой, прямо пропорціональной произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними.

Всякій, кто глубже знакомъ съ природой и исторіей физическихъ теорій, знаетъ, что для того, чтобы найти зародыши этой доктрины всемірнаго тяготѣнія, необходимо обратиться къ системамъ древне-греческой науки. Онъ знаетъ медленныя преобразованія этого зародыша въ ходѣ его тысячелѣтняго развитія. Онъ перечислитъ вамъ всѣ нити, ведущія отъ каждаго столѣтія къ произведенію, которое отъ Ньютона получило свою жизнеспособную форму. Онъ не забываетъ всѣхъ колебаній и пробъ, черезъ которыя прошелъ и самъ Ньютонъ, прежде чѣмъ создалъ свою совершенную систему. И никогда на протяженіи всей исторіи идеи всемірнаго тяготѣнія онъ не видитъ момента, который напоминалъ бы мгновенное творчество, момента, въ который умъ человѣческій, свободный отъ всякихъ колебаній, чуждый воздѣйствіямъ устарѣвшихъ ученій и противорѣчіямъ опытовъ его времени, воспользовался бы для формулировки своихъ гипотезъ всей свободой, предоставляемой ему логикой.

Мы не можемъ изложить здѣсь со всѣми деталями исторію усилій, которыми человѣчество подготовило памятное открытіе всемірнаго тяготѣнія. Для этого было бы недостаточно и цѣлаго тома. Набросаемъ ее, по крайней мѣрѣ, въ крупныхъ чертахъ, чтобы показать всѣ превратности судьбы, черезъ которыя прошло развитіе этой основной гипотезы, прежде чѣмъ она была ясно формулирована.

Какъ только человѣкъ приступилъ къ изученію физическаго міра, не могъ не привлечь его вниманія вслѣдствіе своей общности и важности, одинъ классъ явленій—явленія тяжести. Эти явленія должны были стать предметомъ первыхъ размышленій физиковъ.

Не будемъ долго останавливаться на изложеніи того, что могли говорить о тяжести и легкости философы античной Эллады. Примемъ въ качествѣ исходного пункта для нашего обзора физику Аристотеля. Кромѣ того, и изъ этой эволюціи, съ давнихъ поръ подготовленной, но разсматриваемой нами только съ этого пункта, мы будемъ останавливаться только на томъ, что подготовило теорію Ньютона, систематически отбрасывая все, что не ведетъ къ этой цѣли.

Для Аристотеля всѣ тѣла представляютъ собой смѣсь въ различныхъ пропорціяхъ изъ четырехъ элементовъ: земли, воды, воздуха и огня. Изъ этихъ четырехъ элементовъ первые три тяжелы; земля тяжелѣе воды, а вода тяжелѣе воздуха; только

огонь легокъ; смѣси болѣе или менѣе тяжелы или легки въ зависимости отъ пропорціи, въ которой смѣшаны элементы.

Что это значитъ? Тяжелое тѣло есть тѣло, обладающее такой субстанціальной формой, что оно само отъ себя движется въ направленіи къ математической точкѣ, центру вселенной, если оно не встрѣчаетъ препятствій. Оно можетъ быть задержано, если подъ нимъ находится твердое тѣло или жидкость, болѣе тяжелая, чѣмъ оно само. Болѣе легкая жидкость не могла бы задержать его движенія потому, что болѣе тяжелое стремится занять мѣсто подъ болѣе легкимъ. Въ соотвѣтствіи съ этимъ легкое тѣло есть тѣло, обладающее такой субстанціальной формой, что оно само отъ себя стремится удалиться отъ центра міра.

Разъ тѣла одарены такими субстанціальными формами, то каждое изъ нихъ стремится занять свое естественное мѣсто, тѣмъ болѣе близкое къ центру міра, чѣмъ богаче данное тѣло тяжелыми элементами и тѣмъ болѣе отдаленное отъ этого центра, чѣмъ болѣе это тѣло одарено элементами легкими. Если бы каждый элементъ находился на своемъ естественномъ мѣстѣ, въ мірѣ былъ бы осуществленъ порядокъ, въ которомъ каждый элементъ достигъ бы совершенства своей формы. И субстанціальная форма каждаго элемента и каждой смѣси одарена была однимъ изъ этихъ свойствъ, тяжестью или легкостью для того, чтобы порядокъ міра могъ возстановляться естественнымъ движеніемъ къ совершенству его всякій разъ, когда онъ какимъ нибудь насильственнымъ движеніемъ будетъ нарушенъ. Въ частности именно этимъ стремленіемъ всѣхъ тяжелыхъ тѣлъ къ ихъ естественному мѣсту, къ центру вселенной, объясняется округлость земли, совершенная сферичность поверхности моря. И Аристотель уже набросилъ въ общихъ чертахъ математическое доказательство этого ученія, а Адрастъ, Плиній Старшій, Теонъ Смирнскій, Симплиціусъ, Св. Ѳома Аквинскій и вся схоластика не переставали возвращаться къ нему, развивая его въ деталяхъ. Такъ, въ согласіи съ великимъ принципомъ перипатетической метафизики, дѣйствующая причина движенія тяжелыхъ тѣлъ есть вмѣстѣ съ тѣмъ конечная его цѣль; она не отождествляется съ сильнымъ притяженіемъ, обнаруживаемымъ центромъ вселенной, а съ естественнымъ стремленіемъ всякаго тѣла къ мѣсту, наиболѣе благопріятному для собственнаго его сохраненія и гармоническаго устройства міра.

Таковы гипотезы, лежащія въ основѣ теоріи тяжести, нашедшей первую свою формулировку у Аристотеля, подробнѣе и точнѣе развитой комментаторами александрійской школы, арабами и средневѣковыми философами востока, подробно изложенной у Юлія Цезаря Скалигера [1]), нашедшей особенно ясную формулировку у Жана Баптиста Бенедетти [2]) и принимаемой еще даже Галилеемъ [3]) въ первыхъ его сочиненіяхъ.

Впрочемъ, въ разсужденіяхъ философовъ-схоластиковъ ученіе это получило болѣе точную формулировку. Тяжесть не есть стремленіе тѣла помѣститься въ цѣломъ въ центрѣ вселенной, что было бы абсурдно, ни также помѣстить туда какую-нибудь изъ своихъ точекъ. Въ каждомъ тяжеломъ тѣлѣ есть точно опредѣленная точка, которая стремится соединиться съ центромъ вселенной, и эта точка и есть ц е н т р ъ т я ж е с т и д а н н а г о т ѣ л а. Теперь уже не какая бы то ни была точка земного шара должна находиться въ центрѣ міра, чтобы земной шаръ оставался неподвижнымъ, а тамъ долженъ находиться центръ тяжести всей его массы. Тяжесть дѣйствуетъ между двумя точками, подобно дѣйствіямъ другъ на друга полюсовъ, которыми столь долго объясняли свойства магнитовъ. Это ученіе мы находимъ въ зародышѣ у Симплиціуса въ его комментаріяхъ къ De Coelo Аристотеля. Въ серединѣ XIV столѣтія оно было подробно развито однимъ изъ ученыхъ, составлявшихъ въ эту эпоху украшеніе номиналистической школы въ Сарбоннѣ, Albert de Saxe. Послѣ него и подъ его вліяніемъ ученіе это приняли и далѣе развили самые выдающіеся мыслители этой школы— Thimon le Juif, Marsile d'Inghen, Pierre d'Ailly, Nipho [4]).

Послѣ того какъ Леонардо да Винчи присоединилъ къ этому ученію нѣкоторыя изъ наиболѣе оригинальныхъ своихъ идей, [5]) оно

---

[1]) Julii Caesaris Scaligeri Exotericarum exercitationum liber XV: De subtilitate adversus Cardanum, exercitatio IV; Lutetiae, 1557.

[2]) J.—Baptistae Benedicti Diversarum speculationum liber. Disputationes de quibusdam placitis Aristotelis, c. XXXV, стр. 191; Taurini, MDLXXXV.

[3]) Le Opere di Galileo Galilei, ristampate fedelmente sopra la edizione nazionale; vol. I. Firenze 1890. De motu, стр. 252. (Сочиненіе это было написано Галилеемъ около 1590 года, но было опубликовано лишь въ наше время Фаваро.

[4]) Подробную исторію этого ученія можно найти въ нашемъ сочиненіи Les origines de la Statique въ гл. XV, озаглавленной: Les propriétés mécaniques du centre de gravité.—D'Albert de Saxe à Torricelli. Эта работа будетъ опубликована въ Revue des Questions scientifiques.

[5]) P. Duhem: Albert de Saxe et Léonard de Vinci (Bulletin italien, V, стр. 1 стр. 113; 1905).

получаетъ свое могущественное вліяніе, выходящее далеко за предѣлы среднихъ вѣковъ. Гвидо Убальдо дель Монте даетъ ему слѣдующую ясную формулировку [1]: «Когда мы говоримъ, что тяжелое тѣло по естественной своей склонности стремится помѣститься въ центрѣ вселенной, то мы этимъ хотимъ выразить, что центръ тяжести этого тяжелаго тѣла стремится соединиться съ центромъ вселенной». Это ученіе Albert de Saxe'a владѣетъ умами многихъ физиковъ еще въ теченіе всего семнадцатаго столѣтія. Именно оно внушаетъ тѣ разсужденія, весьма чуждыя людямъ, незнакомымъ съ этимъ ученіемъ, на которыхъ Ферма основываетъ свой г е о с т а т и ч е с к і й п р и н ц и п ъ [2]). Въ 1636 году Ферма писалъ Робервалю, оспаривавшему правильность его аргументовъ: «Первое возраженіе состоитъ въ томъ, что вы не хотите согласиться съ тѣмъ, что середина линіи, соединяющей два равныхъ тяжелыхъ тѣла, падающихъ свободно, стремится соединиться съ центромъ міра. Отсюда очевидно, мнѣ кажется, что вы оспариваете очевидность и самые основные принципы». Положенія, формулированныя Albert de Saxe'омъ, потеряли свое мѣсто въ ряду истинъ, сами собой очевидныхъ.

Упразднивъ геоцентрическую систему, революція Коперника потрясла до основанія основы, на которыхъ покоилась эта теорія тяжести.

Тяжелое тѣло par excellence, земной шаръ, не стремится болѣе занять мѣсто въ центрѣ вселенной. Физики должны обосновать теорію тяжести на новыхъ гипотезахъ. Какія же размышленія могутъ внушить имъ эти гипотезы? Размышленія по аналогіи: они будутъ сравнивать паденіе тяжелаго тѣла на землю съ движеніемъ желѣза къ магниту.

Порядокъ требуетъ, чтобы однородное тѣло стремилось къ сохраненію своей цѣлости. Слѣдовательно, различныя части этого тѣла должны быть одарены такой субстанціальной формой, чтобы онѣ оказывали сопротивленіе всякому движенію, которое можетъ вызвать ихъ раздѣленіе; онѣ должны стремиться къ обратному сое-

---

1) Guiele Ubalie Marchionibus Montis in duos Archimedis aequiponderantium libros paraphrasis, scholiis illustrata, Pisauri, 1588, стр. 10.

2) Cf. P. Duhem: Les origines de la Statique, c. XVI: La doctrine d'Albert de Saxe et les Géostaticiens. Эта глава въ скоромъ времени будетъ напечатана въ Revue des Questions scientifiques.

3) Fermat: OEuvres, publiées par les soins de M. N. Paul Tannery et Ch. Henry, t. II, Correspondance, стр. 31.

диненію, если бы какая нибудь сила раздѣлила ихъ. Такимъ образомъ сходное притягивается. И это и есть причина, почему магнитъ притягивается магнитомъ.

Съ другой стороны желѣзо и руды его близко родственны магниту. Если онѣ оказываются въ сосѣдствѣ съ магнитомъ, то совершенство міра требуетъ, чтобы онѣ стремились соединиться съ этимъ тѣломъ. Вотъ въ этомъ и заключается причина, почему субстанціальная форма ихъ оказывается измѣненной въ сосѣдствѣ съ магнитомъ, почему онѣ получаютъ магнитную силу, съ которой онѣ притягиваются къ магниту.

Таково ученіе о магнитныхъ дѣйствіяхъ, горячо защищаемое школой перипатетиковъ, въ частности Аверроесомъ и Ѳомой Аквинскимъ.

Въ тринадцатомъ столѣтіи дѣйствія эти были ближе изучены. Было констатировано, что каждый магнитъ имѣетъ два полюса, что одноименные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются. Въ 1269 году Пьеръ де Марикуръ, болѣе извѣстный подъ именемъ Petrus Peregrinus, далъ описаніе этихъ дѣйствій, представляющее образецъ ясности и прозорливости экспериментатора [1]).

Но эти новыя открытія лишь укрѣпили ученіе перипатетиковъ. Было констатировано, что если переломать естественный магнитъ на двое, то оба конца полома образуютъ разноименные полюсы. Субстанціальныя формы обоихъ кусковъ таковы, что эти послѣдніе стремятся вновь соединиться. Такимъ образомъ магнитная сила такова, что она стремится сохранить цѣлость магнита или, если его переломать на двое, снова возстановить одинъ магнитъ, полюсы котораго были бы расположены такъ, какъ они были расположены до перелома [2]).

Тяжесть имѣетъ аналогическую причину. Элементы земли одарены такой субстанціальной формой, что они остаются соединенными съ планетой, часть которой они составляютъ, и сохраняютъ за ней сферическую форму. Уже предтеча Коперника, Леонардо

---

[1]) Epistola Petri Peregrini Maricurtensis ad Sygerum de Foucaucourt militem, de magnete; actum in castris, in obsidione Lucerae, anno Domini MCCLXIX, VIII die Augusti.—напечатано у Гассера въ Аугсбургѣ въ 1558 году и воспроизведено въ Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetisimus, herausgegeben von Professor Dr G. Hellmann. № 10, Rara Magnetica (Berlin, Asher, 1896).

[2]) Petrus Peregrinus: Loc. cit, 1re part., c. IX.

да Винчи заявлялъ [1]): «Какъ земля не находится въ серединѣ орбиты солнца, ни въ серединѣ міра, а находится посреди своихъ элементовъ, которые ее сопровождаютъ и съ ней соединены». Всѣ части земли стремятся къ ея центру тяжести, чѣмъ и объясняется сферическая форма поверхности воды—форма, образцомъ которой является капля росы.

Въ началѣ первой книги своего сочиненія [2]), Коперникъ выражается въ тѣхъ же почти терминахъ, какъ и Леонардо да Винчи, и пользуется почти тѣми же сравненіями. «Земной шаръ имѣетъ шарообразную форму потому, что всѣ его части стремятся къ центру тяжести». Стремятся къ этому центру и вода и земля, и это придаетъ поверхности воды форму части шара; шаръ былъ бы совершененъ, если бы воды было достаточно. Кромѣ того, имѣютъ шарообразную форму и солнце, и луна, и планеты, что объясняется такимъ же образомъ, какъ шарообразная форма земли.

«Я полагаю [3]), что тяжесть есть нечто иное, какъ нѣкоторое естественное стремленіе, сообщенное частямъ земного шара божественнымъ провидѣніемъ Зиждителя вселенной, чтобы онѣ составляли одно цѣлое, соединенное въ формѣ шара. Весьма вѣроятно, что то же качество присуще и солнцу, лунѣ и другимъ блуждающимъ свѣтиламъ, чтобы дѣйствіемъ его они сохраняли свою шарообразную форму, въ которой они передъ нами являются».

Имѣетъ ли эта тяжесть универсальный характеръ? Находится ли масса, принадлежащая какому нибудь небесному тѣлу, подъ одновременнымъ дѣйствіемъ и центра тяжести этого тѣла и центровъ тяжести другихъ небесныхъ тѣлъ?. Ничего мы не находимъ въ сочиненіяхъ Коперника, что указывало бы на то, что онъ допускалъ подобную тенденцію. Все въ сочиненіяхъ его учениковъ указываетъ на то, что стремленіе къ центру небеснаго тѣла, по ихъ мнѣнію, свойственно частямъ этого тѣла. Въ 1626 году Мерсеннъ [4]) резюмируетъ ихъ ученіе. Давъ такое опредѣленіе:

---

[1]) Les Manuscrits de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson—Mollien, Ms. F. de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 41, verso —На этомъ сочиненіи имѣется слѣдующая отмѣтка: начато въ Миланѣ 12 сентября 1508 года.

[2]) Nicolai Copernici De revolutionibus orbium coelestium libri sex; l. I, cc. I, II, III, Norimbergae, 1543.

[3]) Nicolai Copernici De revolutionibus orbium coelestium libri sex; l. I, c. IX Norimbergae 1543.

[4]) Mersenne, Synopsis mathemetica; Lutetiae, ex officina Rob. Stephani, MDCXXVI, Mechanicorum libri стр. 7.

«центръ міра есть та точка, къ которой всѣ тяжелыя тѣла стремятся по прямой линіи и которая является общимъ центромъ всѣхъ тяжелыхъ тѣлъ», онъ прибавляетъ: «Такъ оно предполагается, но этого невозможно доказать, ибо въ каждой изъ специальныхъ системъ, образующихъ вселенную или, другими словами, въ каждомъ изъ большихъ небесныхъ тѣлъ существуетъ, вѣроятно, еще и спеціальный центръ тяжести».

Мерсеннъ все же высказываетъ сомнѣніе въ правильности этого ученія, склоняясь къ гипотезѣ всеміpнаго тяготѣнія. Дѣйствительно, немного ниже, онъ пишетъ [1]: «Мы принимаемъ, что всѣ тяжелыя тѣла стремятся къ центру міра и движутся къ нему въ прямолинейномъ направленіи естественнымъ движеніемъ. Это положеніе почти общепринято, хотя оно и доказано быть не можетъ. Кто знаетъ, не стремились ли бы части, оторванныя отъ какой-нибудь планеты, обратно къ ея центру и не вернулись ли бы онѣ къ ней? Такъ камни, оторванные отъ земли и перенесенные на эту планету, вернулись бы на землю. Кто знаетъ, не попадали бы скорѣе на луну, чѣмъ на землю камни, оторванные отъ земли, но въ своемъ движеніи оказавшіеся ближе къ лунѣ, чѣмъ къ землѣ?» Въ этомъ послѣднемъ положеніи Мерсеннъ, какъ мы увидимъ ниже, оказывается скорѣе склоннымъ слѣдовать доктринѣ Кеплера, чѣмъ ученію Коперника.

Болѣе строго Галилей держится коперниковой теоріи спеціальной тяжести каждой звѣзды. Съ перваго дня послѣ обнародованія своего знаменитаго Діалога о двухъ системахъ міра онъ заявляетъ устами собесѣдника Сальвіати, что «части земли двигаются не для того, чтобы достичь центра міра, а для того, чтобы соединиться всѣмъ вмѣстѣ; для этого онѣ имѣютъ естественное стремленіе къ центру земного шара—стремленіе, обусловливающее форму и сохраненіе его...»

«Такъ какъ части земного шара всѣ стремятся соединиться въ одно цѣлое, то онѣ со всѣхъ сторонъ стекаются съ равной склонностью; и для того, чтобы возможно лучше соединиться, онѣ принимаютъ шарообразную форму. Не слѣдуетъ ли отсюда, что если и луна, и солнце, и другія большія тѣла, образующія вселенную, тоже имѣютъ шарообразную форму, то это можетъ происходить только оттого, что они всѣ имѣютъ одинаковую склонность и что всѣ части ихъ объяты однимъ естественнымъ движеніемъ? Не

[1] Mersenne: Loc. cit, стр. 8.

разумно ли, поэтому, думать, что если бы одна какая либо часть была насильственно оторвана отъ цѣлаго, она сама по естественному инстинкту вернулась бы къ нему?»

Конечно, между этимъ ученіемъ и теоріей Аристотеля существуетъ глубокое различіе. Аристотель со всей силой отвергалъ ученіе древнихъ физіологовъ, которые, подобно Эмпедоклу, видѣли въ тяжести симпатію подобнаго къ себѣ подобному. Въ четвертой книгѣ своего сочиненія De Coelo онъ утверждаетъ, что тяжелыя тѣла падаютъ не для того, чтобы соединиться съ землей, а для того. чтобы соединиться съ центромъ вселенной; что если бы земля оторвалась отъ своего мѣста и удерживалась бы въ орбитѣ луны, камни падали бы не на землю, а къ центру міра.

И тѣмъ не менѣе послѣдователи Коперника удерживаютъ изъ ученія Аристотеля все, что можно изъ него сохранить. Тяжесть есть для нихъ, какъ и для Аристотеля, внутренне присущее тяжелому тѣлу стремленіе, а не насильственное притягательное дѣйствіе, оказываемое другимъ тѣломъ. Какъ и для Аристотеля, стремленіе это направлено къ математической точкѣ, къ центру земли или къ центру той планеты, къ которой принадлежитъ изучаемое тѣло. Какъ и для Аристотеля, это стремленіе всѣхъ частей къ одной точкѣ есть для нихъ причина шарообразной формы каждаго изъ небесныхъ тѣлъ.

Галилей идетъ гораздо дальше еще и переноситъ на систему Коперника ученіе Albert de Saxe'a. Давая опредѣленіе центра тяжести тѣла въ своемъ знаменитомъ сочиненіи Della Scienza meccanica, онъ говоритъ: «Это также та точка, которая стремится соединиться съ универсальнымъ центромъ тяжелыхъ тѣлъ, т. е. съ центромъ земли». И этой же мыслью онъ руководствуется, когда онъ формулируетъ слѣдующій принципъ: система тяжелыхъ тѣлъ находится въ равновѣсіи, когда центръ тяжести этой системы находится возможно ближе къ центру земли.

Такимъ образомъ было въ существѣ физики Коперника отрицать стремленіе каждаго элемента къ своему естественному мѣсту и замѣнять это стремленіе взаимной склонностью частей цѣлаго, стремящихся возстановить цѣлость этого послѣдняго. Около того же времени, когда Коперникъ прибѣгъ къ этой симпатіи для объясненія присущей каждой планетѣ тяжести, Фракасторъ[1]) формулировалъ общую теорію ея: когда двѣ части одного и того же

---

[1]) Hieronymi Fracastorii De sympathia et antipathia rerum, liber unus (Hieronymi Fracastorii Opera omnia; Venetiis. MDLV).

цѣлаго отдѣлены другъ отъ друга, то каждая изъ нихъ испускаетъ къ другой нѣкоторую эманацію своей субстанціальной формы, нѣкотораго рода species, которая распространяется въ промежуточномъ между ними пространствѣ. Вслѣдствіе соприкосновенія съ species, каждая изъ частей стремится къ другой, чтобы соединиться съ ней въ одно цѣлое; этимъ и объясняются взаимныя притяженія себѣ подобныхъ, образцомъ которыхъ служитъ симпатія желѣза къ магниту.

Слѣдуя примѣру Фракастора, большинство врачей и астрологовъ (очень рѣдко люди не были одновременно и тѣмъ и другимъ) охотно прибѣгали для объясненія къ этимъ симпатіямъ. Кромѣ того врачи и астрологи, какъ мы увидимъ ниже, имѣли не мало вліянія на развитіе ученія о всемірномъ тяготѣніи.

Никто не далъ столь широкаго распространенія этому ученію о симпатіяхъ, какъ Уильямъ Джильбертъ. Въ своемъ сочиненіи, въ которомъ были положены основы теоріи магнитизма и которая представляетъ собой завершеніе научной работы XVI столѣтія, Джильбертъ высказываетъ по вопросу о тяжести идеи, сходныя съ идеями Коперника: «Простое и прямое движеніе къ землѣ, какъ оно разсматривается у перипатетиковъ, движеніе тяжелаго тѣла, говоритъ онъ [1]), есть движеніе обратнаго соединенія (coacervatio) разъединенныхъ частей, движущихся изъ-за матеріи, которая ихъ образуетъ, по прямымъ линіямъ къ землѣ, при чемъ эти линіи составляютъ кратчайшія разстоянія къ центру ея. Движенія магнитныхъ, отдѣленныхъ отъ земли частей представляютъ собой, помимо движенія, которое объединяетъ ихъ съ цѣлымъ, такія движенія, которыя соединяютъ ихъ другъ съ другомъ, какъ и такія, которыя направляютъ ихъ къ цѣлому на основаніи симпатіи и согласія формъ». — «Это прямолинейное движеніе [2]) которое есть нечто иное, какъ стремленіе къ своему исходному началу, присущее не только частицамъ земли, но и частицамъ солнца, луны и другихъ небесныхъ тѣлъ». Эта притягательная сила не есть, впрочемъ, сила всемірнаго тяготѣнія, а это есть сила, присущая каждому небесному тѣлу, какъ магнитизмъ присущъ и землѣ и магниту. «Укажемъ теперь, говоритъ Джильбертъ, причину этого соединенія и этого движенія, присущаго всей природѣ... Это особая суб-

[1]) Gulielmi Gilberti Colcestrensis medici Londinensis, De magnete, magneticis corporibus, et de magno magnete Tellure, physiologia nova; Londini, 1600, стр. 225.

[2]) Gilbert: Loc. cit. стр. 227.

станціальная форма, присущая главнымъ и первичнымъ небеснымъ тѣламъ. Это—истинная сущность ихъ частицъ, однородныхъ и неискаженныхъ, которую мы можемъ назвать формой первичной, радикальной и астральной. Это не первичная форма Аристотеля, а та специальная форма, вслѣдствіе которой шаръ сохраняетъ все, что ему свойственно. Такая форма присуща каждому изъ шаровъ— и солнцу, и лунѣ и звѣздамъ. Есть таковая и у земли; она образуетъ ту истинную магнитную силу, которую мы называемъ первичной силой. Такимъ образомъ есть такая магнитная природа, присущая землѣ, и вслѣдствіе первичной, достойной нашего изумленія причины, сохраняющаяся въ каждой изъ ея дѣйствительныхъ частей... Есть въ землѣ присущая ей магнитная сила, какъ есть субстанціальная форма у солнца и у луны; луна направляетъ части, оторвавшіяся отъ нея, соотвѣтственно своей природѣ, въ согласіи со своей формой и границами, которыя ей поставлены. Часть солнца, оторвавшаяся отъ него, движется въ направленіи къ солнцу вслѣдствіе естественной своей склонности и какъ бы влекомая чѣмъ то, какъ магнитъ движется къ землѣ или другому магниту».

Эти мысли разсѣяны въ книгѣ Джильберта о магнитѣ. Широко онѣ развиты и играютъ уже преобладающую роль въ другомъ его сочиненіи о системѣ міра, которое братъ его опубликовалъ послѣ его смерти [1]). Основная идея этого сочиненія въ общихъ чертахъ выражена въ слѣдующихъ словахъ [2]): «Все, что есть земного, соединяется съ земнымъ шаромъ. Точно также все, что однородно съ солнцемъ, стремится къ солнцу и все, что однородно съ луной, стремится къ лунѣ; и такъ обстоитъ дѣло со всѣми другими тѣлами, образующими вселенную. Каждая изъ частей такого тѣла притягивается къ нему, какъ къ цѣлому, и самовольно отъ него не отдѣляется. Когда же она отъ него отрывается насильно, то она не только стремится вернуться, но она влечется и притягивается силой шара. Если бы оно не было такъ, если бы части могли отдѣляться отъ цѣлаго самовольно, если бы онѣ, оторванныя насильно, не возвращались къ своему первоначальному мѣсту, весь міръ скоро разсыпался бы. Дѣло идетъ здѣсь не о какомъ-

---

[1]) Gulielmi Gilberti Colcestrensis, medici Regii, De mundo nostro sublunari philosophia nova; Opus posthumum, ab authoris fratre collectum pridem et dispositum. Amstelodami, MDCLI. Джильбертъ скончался въ 1603 году.

[2]) Gilbert: Loc. cit., стр. 115.

нибудь желанiи, которое относитъ части къ извѣстному мѣсту, къ извѣстному пространству, къ извѣстному пункту, а о стремленiи къ тѣлу, къ общему источнику, къ общей матери, къ общему своему началу, гдѣ всѣ эти части оказываются объединенными, сохраненными и гдѣ онѣ остаются въ покоѣ, огражденныя отъ всякой опасности».

Магнитная философiя Джильберта нашла среди физиковъ много адептовъ. Ограничимся упоминанiемъ о Френсисѣ Беконѣ [1]), воззрѣнiя котораго представляютъ собой спутанное отраженiе доктринъ его ученаго современника, и перейдемъ сейчасъ же къ истинному творцу всемiрнаго тяготѣнiя, Кеплеру.

Неоднократно повторяя о своемъ восхищенiи идеями Джильберта, объявляя себя сторонникомъ магнитной философiи, Кеплеръ вноситъ измѣненiя во всѣ ея принципы. Стремленiе частей звѣзды къ центру ея онъ замѣняетъ взаимнымъ притяженiемъ этихъ частей другъ къ другу. Онъ объявляетъ, что притяженiе это обязано своимъ происхожденiемъ одной и той же силѣ, безразлично идетъ ли рѣчь о частяхъ луны или о частяхъ земли. Онъ оставляетъ совершенно въ сторонѣ разсужденiя о конечныхъ причинахъ, связывающихъ эту силу съ сохраненiемъ формы каждой звѣзды. Однимъ словомъ, онъ подготовляетъ почву для ученiя о всемiрномъ тяготѣнiи.

Прежде всего Кеплеръ отрицаетъ за всякой математической точкой—будь то центръ земли, какъ это выходитъ по Копернику, или центръ вселенной, какъ этому учитъ Аристотель,—способность притяженiя или отталкиванiя: «Дѣйствiе огня [2]) сводится не къ тому, чтобы достичь поверхности, составляющей границы мiра, а къ тому, чтобы удалиться отъ центра, и не центра вселенной, а центра земли, и этого центра не какъ точки, а какъ середины тѣла, природа котораго весьма противоположна природѣ огня, стремящагося распространиться. Скажу болѣе того. Пламя не удаляется, а вытѣсняется болѣе тяжелымъ воздухомъ, какъ надутый пузырь вытѣсняется водой... Если бы помѣстить неподвижный земной шаръ въ какомъ-нибудь мѣстѣ и къ нему приближать другой земной шаръ большей величины, то первый сталъ бы притягиваться ко второму, какъ камень притягивается къ землѣ. Тяжесть не есть дѣйствiе, а это только стремленiе камня, который притягивается».

---

1) Bacon: Nowum Organum, I, II, c. XLVIII, art. 7, 8, 9.

2) Jo. Kepleri Littera ad Herwartum, 28 mars 1605.—Joannis Kepleri astronomi Opera omnia, édit. Ch. Frisch, t. II, стр. 87.

«Математическая точка [1]), будь то центръ міра или другая какая-нибудь точка, не можетъ на самомъ дѣлѣ приводить въ движеніе тяжелыя тѣла, и тѣмъ менѣе она можетъ быть объектомъ, къ которому они притягивались бы. Пусть, поэтому, физики доказываютъ, что *такая сила* можетъ принадлежать точкѣ, которая не есть тѣло и которая можетъ быть понята только относительно!»

«Невозможно допустить, чтобы субстанціальная форма камня, приводя въ движеніе тѣло этого камня, стремилась къ математической точкѣ, къ центру міра, напримѣръ, безъ всякаго вниманія къ тѣлу, въ которомъ эта точка находится. Пусть физики доказываютъ, что естественныя вещи имѣютъ симпатію къ тому, что не существуетъ!»

«...Вотъ истинное ученіе о тяжести: тяжесть есть взаимная склонность между родственными тѣлами, стремящимися *слиться*, соединиться во-единно; магнитная способность есть свойство того же порядка; скорѣе земля притягиваетъ камень, чѣмъ камень стремится къ землѣ. Если бы мы помѣстили даже центръ земли въ центрѣ міра, то не къ этому послѣднему центру притягивались бы тяжелыя тѣла, а къ центру круглаго тѣла, которому они родственны, т. е. къ центру земли. Въ какое мѣсто мы не помѣстили бы землю, тяжелыя тѣла вслѣдствіе присущей имъ способности будутъ всегда двигаться къ ней. Если бы земля не была кругла, то тяжелыя тѣла не двигались бы всѣ со всѣхъ сторонъ къ центру земли, а они двигались бы въ различные пункты, смотря по мѣсту, которое они занимали бы. Если бы въ какомъ-нибудь мѣстѣ міра находились два камня на близкомъ разстояніи другъ отъ друга и внѣ сферы дѣйствія какого бы то ни было родственнаго имъ тѣла, то эти камни стремились бы соединиться другъ съ другомъ, подобно двумъ магнитамъ, гдѣ-нибудь посрединѣ этого разстоянія и пути, которые имъ пришлось бы пройти, были бы обратно пропорціональны ихъ массамъ».

Это истинное ученіе о тяжести быстро распространилось въ Европѣ и встрѣтило благопріятный пріемъ у многихъ математиковъ. Намеки на него мы находимъ уже у Мерсенна въ его Synopsis mathematica отъ 1626 года. 16 августа 1636 года Этьеннъ Паскаль и Роберваль пишутъ Fermat'у письмо [2]), посвя-

[1]) Joannis Kepleri De motibus stellae Martis commentarii, Pragae, 1609.— Kepleri Opera omnia, t. III, стр. 151.

[2]) Fermat: Oeuvres, publiées par les soins de M. M. Paul Tannery et Ch. Henry; t. II, Correspondance, стр. 35.

щенное главнымъ образомъ опровержевію стараго принципа Albert de Saxe'a, который столь ревностно продолжалъ защищать тулузскій математикъ. Принципъ этотъ гласилъ: «Если двѣ равныя тяжести, соединенныя между собой неподвижно невѣсомой прямой линіей, такъ расположены, что онѣ могутъ свободно падать, то онѣ не придутъ въ состояніе покоя до тѣхъ поръ, покуда середина линіи (то, что было центромъ тяжести у древнихъ) не соединится съ общимъ центромъ тяжелыхъ тѣлъ». Противъ этого принципа они возражали слѣдующее: «Очень можетъ быть и весьма даже вѣроятно, что тяжесть есть взаимное притяженіе или естественное стремленіе тѣлъ соединиться, какъ это ясно видно въ случаѣ желѣза и магнита: когда задерживается магнитъ, то желѣзо движется къ нему, а если задерживается желѣзо, то магнитъ движется къ желѣзу, если же они оба свободны, то они движутся навстрѣчу другъ къ другу, но такъ, что болѣе сильное изъ двухъ тѣлъ совершаетъ меньшій путь».

Не имѣютъ ли тѣла, находящіяся на землѣ и другую еще магнитную способность, кромѣ той, которая возвращаетъ ихъ на землю, если они отъ нея удалены, и которая образуетъ ихъ тяжесть?

Движеніе, которое вздуваетъ волны моря, вызывая приливы и отливы, столь точно слѣдуетъ прохожденію луны черезъ меридіанъ, что невозможно не разсматривать луну, какъ причину этого явленія, если хотятъ изучить законы его съ нѣкоторой точностью. Наблюденія [1]) Эратосфена, Селеукуса, Гиппарха и въ особенности Посидонія давали древнимъ философамъ столь полное знаніе этихъ законовъ, что Цицеронъ, Плиній Старшій, Страбонъ и Птоломей не медлили утверждать, что явленія прилива и отлива зависятъ отъ движенія луны. Но зависимость эта была окончательно установлена детальнымъ описаніемъ различныхъ неправильностей этихъ явленій, которое мы находимъ у арабскаго астронома, Альбумасара, жившаго въ IX вѣкѣ, въ его книгѣ Introductorium magnum ad Astronomiam.

Такимъ образомъ движеніе луны опредѣляетъ волненіе моря въ океанѣ; но какимъ образомъ опредѣляетъ?

Птоломей, Альбумасаръ не замедлили сослаться на нѣкоторую

---

[1]) Roberto Almagia: Sulla dottrina della marea nell'antichità classica e nel medio evo (Atti del Congresso internazionale di Scienze toriche, Roma 1—9 aprile 1903; vol. XII, стр. 151).

особую силу, на особое вліяніе луны на воды моря. Такого рода объясненіе не могло понравиться истиннымъ ученикамъ Аристотеля. Чтобы ни говорилось въ этомъ отношеніи, ортодоксальные перипатетики, будь то арабы или схоластики Востока, жестоко нападали на объясненіе, въ которомъ были ссылки на скрытыя силы, недоступныя нашему воспріятію. Дѣйствіе магнита на желѣзо было чуть ли не единственнымъ, которое они готовы были приписать такой таинственной силѣ. Они не соглашались допустить, что звѣзды могутъ оказать какое-нибудь вліяніе, которое не вытекало бы изъ ихъ движенія или свѣта. Поэтому, Авиценна, Аверроесъ, Robert Grosse—Teste, Альбертъ Магнусъ, Рожеръ Бэконъ искали объясненіе прилива и отлива въ свѣтѣ луны, въ теплотѣ, которую этотъ свѣтъ можетъ испускать, въ теченіяхъ, которыя эта теплота можетъ вызвать въ атмосферѣ, въ возмущеніи, которое она можетъ вызвать въ нѣдрахъ водъ морскихъ.

Но это было объясненіемъ довольно шаткимъ, котораго не могли не поколебать до основанія возраженія, сами собою напрашивавшіяся. Уже Альбумасаръ имѣлъ случай наблюдать, что лунный свѣтъ ничего общаго не имѣетъ съ морскимъ приливомъ, ибо этотъ послѣдній наблюдается и въ новолуніе, и въ полнолуніе, и когда луна въ зенитѣ, и когда она въ надирѣ. Немного дѣтское объясненіе, предложенное Робертомъ Grosse-Teste для устраненія этого возраженія Альбумасара, не поколебало аргументацій этого послѣдняго, несмотря на горячую поддержку, которую встрѣтило это объясненіе со стороны Рожера Бэкона. Начиная съ XIII столѣтія лучшіе среди схоластиковъ, и среди нихъ Ѳома Аквинскій, допускали возможность вліянія звѣздъ, отличнаго отъ воздѣйствія свѣта. Послѣ этого Гилльомъ д'Овернь сравнивалъ въ своемъ сочиненіи De Universo дѣйствіе луны на воды морскія съ дѣйствіемъ магнита на желѣзо.

Магнитная теорія морскихъ приливовъ и отливовъ была извѣстна уже великимъ физикамъ, служившимъ въ серединѣ XIV столѣтія украшеніемъ номиналистической школы въ Сорбоннѣ. Albert de Saxe и Thimon le Juif излагаютъ ее въ своихъ «Вопросахъ» по поводу сочиненій Аристотеля De Coelo и Météores. Но они медлятъ выразить полное съ ней согласіе. Они прекрасно знаютъ цѣну возраженіямъ Альбумасара, чтобы удовлетвориться сполна объясненіями Альберта Магнуса и Рожера Бэкона. Къ тому же это скрытое магнитное притяженіе, оказываемое

луной на морскія воды, противорѣчит• ихъ раціонализму перипатетиковъ.

Сила, вызывающая явленія прилива и отлива, могла, напротивъ, вполнѣ понравиться астрологамъ. Они усматривали въ ней неопровержимое доказательство вліянія звѣздъ на вещи подлуннаго міра. Не менѣе въ фаворѣ была эта гипотеза у врачей. Они сравнивали роль, которую играютъ звѣзды въ явленіяхъ прилива и отлива, съ ролью, которую они приписывали ей въ кризисахъ болѣзней. Не Галенъ ли приводилъ въ связь фазы луны съ критическими днями нѣкоторыхъ болѣзней?

Въ концѣ XV столѣтія Ж. П. де ла Мирандоль снова съ горячностью возвращается къ тезису перипатетиковъ Авиценны и Аверроеса [1]). Онъ не соглашается съ тѣмъ, чтобы звѣзды могли вліять здѣсь, внизу, иначе, чѣмъ своимъ свѣтомъ. Онъ отвергаетъ всю астрологію, предсказывающую будущее, какъ погоню за химерами. Онъ отвергаетъ ученіе врачей о критическихъ дняхъ и вмѣстѣ съ тѣмъ объявляетъ ошибочной магнитную теорію явленій прилива и отлива.

На вызовъ, брошенный Жаномъ Пикомъ де ла Мирандолемъ астрологамъ и медикамъ, сейчасъ же откликнулся въ сочиненіи [2]), выдержавшемъ множество изданій, Луцій Беланціусъ, врачъ изъ Сіенны. Обсуждая сказанное Пикомъ де ла Мирандолемъ о явленіяхъ прилива и отлива, авторъ въ третьей книгѣ этого сочиненія пишетъ слѣдующее: «Лучи, которыми дѣйствуетъ луна, въ особенности когда она притягиваетъ и вздуваетъ воды моря, это не лучи луннаго свѣта: ибо въ моментъ соединенія не было бы ни прилива, ни отлива, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности мы ихъ констатируемъ. Нѣтъ, это скрытые лучи, которыми луна притягиваетъ море, какъ магнитъ притягиваетъ желѣзо. Съ помощью этихъ лучей нетрудно отразить всѣ возраженія по этому вопросу».

Благодаря книгѣ Луція Беланціуса, популярность магнитной теоріи явленій прилива и отлива возросла вдвое; съ середины XVI столѣтія она была весьма общепринятой теоріей.

Кардано [3]) причисляетъ къ семи простымъ движеніямъ «...еще

---

[1]) Joannis Pici Mirandulae Adversus astrologos; Bononiae, 1495.

[2]) Lucii Bellantii Senensis: Liber de astrologica veritate et in disputationes Joannis Pici adversus astrologos responsiones: Bononiae, 1495; Florentiae, 1498; Venetiis, 1502; Basileae, 1504.

[3]) *Les livres d'Hiérome Cardanus, médecin milanois*, intitulés de la subti-

одно естественное движеніе — результатъ какого то подчиненія вещей, какъ движеніе воды, обязанное своимъ происхожденіемъ лунѣ, движеніе желѣза, имѣющее причиной дѣйствіе магнита, называннаго камнемъ Геркулеса».

Юлій Цезарь Скалигеръ [1]) придерживается того же взгляда: «Желѣзо, говоритъ онъ, приводится въ движеніе магнитомъ, не приходя съ нимъ въ соприкосновеніе; почему же и морю не подчиняться такимъ же образомъ тѣлу звѣзды весьма благородной?» Дюрэ [2]) вспоминаетъ мнѣніе Луція Беланціуса, не соглашаясь, впрочемъ, съ нимъ: «Этотъ авторъ утверждаетъ, что луна притягиваетъ воды морскія не свѣтовыми лучами своими, а силой нѣкоторыхъ тайныхъ своихъ свойствъ, какъ магнитъ притягиваетъ желѣзо».

Наконецъ, Джильбертъ [3]) учитъ, что «луна не дѣйствуетъ на воды моря своими лучами, своимъ свѣтомъ. Какъ же она дѣйствуетъ? Совмѣстнымъ дѣйствіемъ двухъ тѣлъ и—чтобы объяснить мою мысль съ помощью аналогіи—магнитнымъ притяженіемъ».

Это воздѣйствіе луны на воды моря принадлежитъ, впрочемъ, къ тѣмъ основаннымъ на симпатіи стремленіямъ подобнаго къ себѣ подобному, въ которыхъ послѣдователи Коперника искали причину тяжести. Каждое тѣло имѣетъ такого рода субстанціальную форму, что оно стремится соединиться съ другимъ тѣломъ того же рода. Естественно, поэтому, если воды моря стремятся вновь соединиться съ луной, которая, какъ для астрологовъ, такъ и для врачей, является звѣздой влажной par excellence.

Согласно ученію Птоломея, въ его Opus quadripartitum и Альбумасара въ его Introductorium magnum, Сатурнъ вызываетъ холодъ, Юпитеръ—умѣренную теплоту, Марсъ—сильную теплоту и луна — влажность. Дѣйствіе луны на воды моря представляетъ собой, поэтому, результатъ взаимной симпатіи двухъ тѣлъ одной и той же семьи, нѣкоторой cognata virtus, какъ выражается арабскій авторъ.

---

lité et subtiles inventions, traduis de latin en françois par Richard Le Blanc; Paris, 1556, стр. 35.

[1]) Julii Caesaris Scaligeri Exercitationes exotericae de subtilitate adversus Cardanum, Exercitatio LII.

[2]) Claude Duret: *Discours de la vérité des causes et effects de divers cours, mouvements, flux et reflux de la mer océane, mer méditerannée et autres mers de la Terre.* Paris, 1600, стр. 204.

[3]) Gulielmi Gilberti De mundo nostro philosophia nova, стр. 307.

Эти же ученія мы находимъ еще у врачей и астрологовъ среднихъ вѣковъ и эпохи Возрожденія. «Невозможно сомнѣваться, говоритъ Кардано [1]), въ воздѣйствіи звѣздъ; это — скрытое дѣйствіе, оказываемое звѣздами на все преходящее, существующее въ мірѣ, и тѣмъ не менѣе нѣкоторые недобросовѣстные и честолюбивые мыслители, гораздо болѣе нечестивые, чѣмъ Геростратъ, осмѣливаются это отрицать... Не находимъ ли мы даже среди веществъ здѣсь на землѣ такія, которыя по свойствамъ своимъ оказываютъ очевидныя дѣйствія, каковъ, напримѣръ, магнитъ?.. Почему жъ бы намъ отказывать въ такихъ дѣйствіяхъ небеснымъ свѣтиламъ, вѣчнымъ и столь высоко благороднымъ тѣламъ?.. По величинѣ своей и количеству свѣта, которое оно испускаетъ, солнце есть главный властитель всѣхъ вещей. За нимъ по тѣмъ же причинамъ слѣдуетъ луна, и именно она потому, что она намъ кажется наибольшей звѣздой послѣ солнца, несмотря на то, что въ дѣйствительности она и не есть наибольшая звѣзда. Она властвуетъ преимущественно надъ вещами влажными, надъ рыбами, водами, мозгомъ животныхъ и изъ корней надъ луковицей, содержащей влажность по преимуществу».

Самъ Кеплеръ, столь ожесточенно боровшійся съ неосновательными претензіями астрологіи, не задумываясь, пишетъ [2]): Опытъ доказываетъ, что все, что содержитъ влажность, начинаетъ вздуваться съ началомъ новолунія и спадаетъ, когда луна на ущербѣ».

Кеплеръ льститъ себя мыслью [3]), что онъ первый опровергъ мнѣніе, согласно которому явленія прилива суть результатъ стремленія морскихъ водъ соединиться съ влажностью луны. «Поскольку явленія прилива и отлива вещи извѣстныя, постольку извѣстно, что влажность луны ничего общаго не имѣетъ съ причиной этихъ явленій. Я первый, на сколько я знаю, вскрылъ въ моихъ пролегоменахъ къ «Комментаріямъ о движеніяхъ Марса» процессъ, которымъ луна вызываетъ явленія прилива и отлива. Заключается этотъ процессъ въ слѣдующемъ: луна дѣйствуетъ не какъ влажная или овлажняющая звѣзда, а какъ масса, родственная массѣ земли. Она притягиваетъ воды моря

---

[1]) Hieronymi Cardani De rerum varietate libri XVII, l. II, c. XIII; Basileae, 1557.

[2]) Joannis Kepleri. De fundamentis Astrologiae. Pragae 1602; thesis XV— J. Kepleri Opera omnia, t. I, стр. 422.

[3]) J. Kepleri Notae in librum Plutarchi de facie in orbe Lunae, Francofurti 1634.—J. Kepleri Opera omnia, t. VIII, стр. 118.

магнитнымъ дѣйствіемъ не потому, что эти воды влажны, а потому, что онѣ одарены земной субстанціей, той самой субстанціей, которой онѣ обязаны также своей тяжестью».

Приливъ есть, дѣйствительно, стремленіе подобнаго соединиться съ себѣ подобнымъ. Но тѣла, стремящіяся соединиться, подобны между собой не тѣмъ, что обоимъ имъ присуща природа воды, а тѣмъ, что обоимъ имъ присуща природа массъ, образующихъ нашъ земной шаръ. Луна оказываетъ притягательное дѣйствіе не только на воды, покрывающія землю, но и на твердыя ея части, на всю землю цѣликомъ. И обратно, земля оказываетъ магнитное притягательное дѣйствіе на тяжелыя тѣла луны». Если бы луна и земля [1]) не были удержаны какой то животной или эквивалентной ей силой, каждая на своей орбитѣ, земля поднималась бы вверхъ къ лунѣ и луна опускалась бы внизъ къ землѣ, покуда эти двѣ планеты не слились бы. Если бы земля перестала притягивать къ себѣ покрывающія ея воды, морскія волны поднялись бы совсѣмъ вверхъ и потекли бы къ лунѣ».

Эти воззрѣнія привлекали не одного физика. 1 сентября 1631 года Мерсеннъ [2]) писалъ Жану Рею: «Я нимало не сомнѣваюсь, что если бы человѣкъ, находясь на лунѣ, бросалъ камни вверхъ, они падали бы на эту луну, хотя она съ нашей стороны является самымъ высшимъ пунктомъ; ибо они падаютъ обратно на землю, находясь къ ней ближе, чѣмъ къ другимъ системамъ». Но Жанъ Рей не отнесся благопріятно къ этой точкѣ зрѣнія, заимствованной у Кеплера. 1 января 1632 года онъ отвѣчаетъ [3]) Мерсенну: «Вы нимало не сомнѣваетесь, говорите вы, что если бы человѣкъ, находясь на лунѣ, бросалъ камни вверхъ, то они падали бы на эту луну, хотя она съ нашей стороны является самымъ высшимъ пунктомъ. Я не вижу, почему бы это должно было меня смущать. Говоря откровенно, я думаю какъ разъ обратное. Ибо я предполагаю, что вы говорите о камняхъ, взятыхъ отсюда (на лунѣ и камней, можетъ быть, нѣтъ). Такіе камни и не имѣютъ другого стремленія, какъ только къ своему центру, въ

---

[1]) Joannis Kepleri. De motibus stellae Martis, 1609 — I. Kepleri, Opera omnia t. III, стр. 151.

[2]) Essays de Jean Rey, Docteur en médecine, sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poid quand on les calcine, Nouvelle edition augmentée de la correspondance de Mersenne et de Jean Rey), Paris, 1777, стр. 109.

[3]) Jean Rey: Loc. cit, стр. 122.

данномъ случаѣ къ центру земли. Они вернутся къ намъ вмѣстѣ съ человѣкомъ, который будетъ ихъ бросать, если онъ обитатель нашей планеты, подтверждая тѣмъ истинность изреченія: Nescio qua natale solum dulcedine cunctos allicit. И если бы случилось, что они притягивались бы луной, какъ магнитомъ (въ чемъ вы должны были бы сомнѣваться въ такой же мѣрѣ, какъ относительно земли), то въ такомъ случаѣ земля и луна, одаренныя одной и той же магнитной способностью, притягивая одно и то же тѣло, должны были бы быть сходны и въ томъ, чтобы взаимно притягивать другъ друга, или, вѣрнѣе говоря, чтобы они двигались навстрѣчу другъ другу и соединялись въ одно цѣлое, какъ движутся навстрѣчу другъ другу и соединяются два магнитныхъ шарика, помѣщенныхъ въ сосудѣ съ водой. Ибо возраженіе, что разстояніе между ними слишкомъ велико, неосновательно: воздѣйствія, которыя оказываетъ луна на землю и которыя земля должна оказывать на луну,—и потому, что она, по вашему мнѣнію, служитъ ей луной—ясно доказываютъ, что онѣ находятся въ сферѣ дѣйствія другъ друга».

Таково, однако, возраженіе, выдвигаемое Декартомъ. Мерсеннъ обратился къ нему съ вопросомъ, «знаетъ ли онъ, вѣситъ ли тѣло больше или меньше, когда оно находится ближе къ центру земли или дальше отъ него». На этотъ вопросъ Декартъ отвѣчаетъ[1]) аргументомъ, изъ котораго можно вывести, что болѣе удаленныя отъ земли тѣла меньше вѣсятъ, чѣмъ болѣе близкія къ ней. Аргументъ этотъ гласитъ: «Планеты, которыя сами не имѣютъ свѣта, каковы Луна, Венера, Меркурій и т. д., суть, вѣроятно, тѣла изъ той же матеріи, что и земля; повидимому, эти планеты должны были бы притягиваться къ землѣ и упасть на нее, если бы большое разстояніе между ними не парализовало этого ихъ стремленія».

Въ теченіе первой половины XVII столѣтія физики продолжали встрѣчать препятствіе въ объясненіи того факта, что, несмотря на взаимное тяготѣніе земли и луны, эти тѣла не падаютъ другъ на друга. Тѣмъ не менѣе вѣра въ подобное тяготѣніе распространилась и укрѣплялась все болѣе и болѣе. Декартъ, какъ мы видѣли, полагалъ, что подобное тяготѣніе можетъ существовать между землей и другими планетами, какъ Венера и

---

[1]) Descartes: Correspondance, Edition P. Tannery et Ch. Adam, № CXXIX. 13 juillet, 1638; t. II, стр. 225.

Меркурій. Фрэнсисъ Бэконъ пошелъ въ этомъ направленіи дальше. Онъ представилъ себѣ, что подобнаго же рода дѣйствіе солнце можетъ оказывать на различныя планеты. Въ своемъ сочиненіи Novum Organum [1]), знаменитый канцлеръ отдѣляетъ въ особую спеціальную категорію «магнитное движеніе, которое принадлежитъ къ классу движеній Agregatio minor (малаго соединенія), но, происходя часто на большихъ разстояніяхъ и между значительными массами, оно заслуживаетъ спеціальнаго изслѣдованія, тѣмъ болѣе, что оно не начинается черезъ соприкосновеніе, какъ большая часть другихъ подобныхъ движеній, а ограничивается тѣмъ, что поднимаетъ или вздуваетъ тѣла, не вызь никакого другого дѣйствія. Если вѣрно то, что луна притягиваетъ воды моря и что подъ ея вліяніемъ влажныя массы вздуваются... если солнце связываетъ планеты Венеру и Меркурій и не позволяетъ имъ удалиться дальше извѣстнаго разстоянія, то отсюда слѣдуетъ, повидимому, что движенія эти не принадлежатъ ни къ виду Agregatio major, ни къ виду Agregatio minor, а, образуя нѣчто среднее и несовершенное, они должны образовать особый видъ».

Гипотеза, что солнце можетъ оказывать на планеты дѣйствіе, аналогичное тому, которое земля и планеты оказываютъ каждая на собственныя свои части, и даже тому, которое земля и планеты оказываютъ другъ на друга, не могла не показаться допущеніемъ довольно смѣлымъ. Въ самомъ дѣлѣ, вѣдь, отсюда слѣдовало, что существуетъ естественная аналогія между солнцемъ и планетами, а было не мало физиковъ, которые не могли не отказаться отъ такого постулата. Въ сочиненіяхъ Гассенди мы находимъ свидѣтельство, какъ неохотно соглашались съ этимъ допущеніемъ нѣкоторые физики. Разсмотримъ условія, при которыхъ обнаружилась эта неохота у Гассенди.

Послѣдователи Коперника, столь охотно приписывавшіе тяжесть взаимной симпатіи земныхъ тѣлъ, допустившіе аналогичную симпатію между различными частями одной и той же звѣзды для объясненія сферической формы этой звѣзды, отказывались въ общемъ приписать дѣйствіе луны на воды моря магнитному притяженію. Они придерживались совсѣмъ другой теоріи явленій прилива и отлива, источникъ которой заключался въ самой системѣ и которая, поэтому, казалась имъ особенно убѣдительной.

---

[1]) F. Baconis Novum Organum; Londini, 1620, l. II, c. XXVIII, art. 9.

Въ 1544 году были обнародованы въ Базелѣ сочиненія Целіо Кальканини [1]). Авторъ умеръ за три года до этого, въ тотъ самый моментъ, когда Іоахимъ Ретикусъ въ своемъ сочиненіи Narratio prima познакомилъ съ системой Коперника раньше, чѣмъ великій польскій астрономъ напечаталъ свое сочиненіе De revolutionibus orbium coelestium. Въ сочиненіяхъ Кальканини имѣлась, между прочимъ, диссертація, уже раньше напечатанная [2]), подъ заглавіемъ Quod Coelum stet, Terra vero moveatur vel de perenni motu Terrae. Этотъ предтеча Коперника приписывалъ уже суточное движеніе звѣздъ вращенію земли, но не дошелъ еще до допущенія годового движенія земли вокругъ солнца. Въ диссертаціи его мы читаемъ слѣдующее мѣсто: [3]) «Чѣмъ дальше какая-нибудь вещь находится отъ центра, тѣмъ быстрѣе она движется. Этимъ разрѣшается одно величайшее затрудненіе, предметъ длинныхъ и многочисленныхъ изслѣдованій, приведшій, какъ разсказываютъ, Аристотеля въ такое отчаяніе, что онъ чуть ли не послужилъ причиной его смерти. Дѣло идетъ о причинѣ, вызывающей въ вполнѣ опредѣленные промежутки времени это замѣчательное волненіе моря.. Затрудненіе это разрѣшается безъ труда, если принять во вниманіе обратные толчки земли, заставляющіе то опускаться одну часть ея, то снова подниматься, вызывая тѣмъ самымъ то пониженіе водъ, то поднятіе ихъ вверхъ».

Галилею пришлось снова вернуться къ этой теоріи, пытающейся объяснить приливъ и отливъ въ океанѣ вращательнымъ движеніемъ земли, выразить ее точнѣе и болѣе детально.

Объясненіе оказалось непріемлемымъ, ибо, согласно ему, интервалъ между двумя приливами долженъ былъ быть равенъ половинѣ солнечнаго дня въ то время, какъ наблюденія показывали, что онъ равенъ половинѣ луннаго дня. При всемъ томъ Галилей продолжалъ выдавать это объясненіе за одно изъ лучшихъ доказательствъ движенія земли и тѣ, которые вмѣстѣ съ нимъ допускали дѣйствительность этого движенія, охотно повторяли за нимъ этотъ аргументъ. Это дѣлаетъ, напримѣръ, Гассенди въ своемъ

---

[1]) Caelii Calcagnini Ferrarensis Opera aliqot. Basileae, MDXLIV.

[2]) Диссертація эта, адресованная Бонавентури Пистофиле не имѣетъ даты. Въ сочиненіяхъ Кальканини за ней слѣдуетъ другая диссертація, адресованная тому же лицу и датированная январемъ 1625 года. Первая диссертація принадлежитъ, вѣроятно, болѣе раннему времени.

[3]) Calcagnini Opera, стр. 392.

сочиненіи De motu impresso a motore translato, напечатанномъ въ Парижѣ въ 1641 году.

Противники Коперника естественно ссылались въ объясненіе явленій прилива и отлива на притяженіе луны, такъ какъ это объясненіе не предполагало вращенія земли.

Изъ наиболѣе ожесточенныхъ противниковъ системы Коперника слѣдуетъ упомянуть о Моренѣ, который съ равнымъ рвеніемъ стремился реставрировать астрологію и составлять гороскопы. На сочиненіе Гассенди, въ которомъ ему причудилось нападеніе лично на него, онъ отвѣтилъ пасквилемъ, озаглавленнымъ: Alae telluris fractae, гдѣ онъ теоріи Галилея противопоставлялъ магнитную теорію явленій прилива и отлива.

Разность между уровнемъ моря во время прилива и уровнемъ его во время отлива очень велика во время полнолунія или новолунія и, наоборотъ, очень мала въ первой или четвертой четверти ея. Эта разница между живой водой и мертвой водой очень смущала до этихъ поръ сторонниковъ магнитной философіи.

Моренъ далъ ей объясненіе, которое онъ вывелъ, по его словамъ изъ принциповъ астрологіи. Она объясняется взаимодѣйствіемъ солнца и луны. Какъ во время соединеній, такъ и во время противостояній этихъ планетъ силы ихъ имѣютъ направленіе той же прямой, которая проходитъ черезъ землю, а, вѣдь, это «общеизвѣстная аксіома, что соединенныя силы дѣйствуютъ сильнѣе, чѣмъ взятыя въ отдѣльности».

Въ подтвержденіе того, что солнце играетъ именно указываемую имъ роль въ измѣненіяхъ явленій прилива и отлива, Моренъ ссылался на принципы астрологіи. И дѣйствительно, неоспоримо то, что именно астрологамъ принадлежитъ честь подготовки во всѣхъ частяхъ Ньютоновой теоріи явленій прилива и отлива, между тѣмъ какъ сторонники раціональныхъ научныхъ методовъ, перипатетики, атомисты и картезіанцы въ первое время оспаривали ее.

Принципы, на которые ссылался Моренъ, были, впрочемъ, весьма древняго происхожденія. Уже Птоломей допускалъ въ своемъ сочиненіи Opus quadripartitum, что положеніе солнца относительно луны можетъ усиливать и ослаблять вліяніе этой звѣзды. И это мнѣніе передавалось отъ поколѣнія къ поколѣнію, вплоть до Гаспара Контарини, учившаго, что «солнце оказываетъ какое-то дѣйствіе, способное поднимать или опускать

воды моря» [1]) вплоть до Дюрэ [2]), писавшаго, что «вполнѣ очевидно, что солнце и луна сильно вліяютъ на это движеніе и волненіе моря», до Джильберта [3]), который аппелировалъ къ помощи луны, «вспомогательной рати солнца» и который заявлялъ, что солнце способно усилить дѣйствіе луны въ моменты новолунія и полнолунія».

Вѣрные своему раціонализму, послѣдователи школы перипатетиковъ старались объяснить эту разницу между живой водой и мертвой водой, не приписывая никакой таинственной силы солнцу. Альбертусъ Магнусъ [4]) старался объяснить все исключительно измѣненіемъ свѣта, получаемаго луной отъ солнца, вслѣдствіе относительнаго положенія ихъ обоихъ. Дѣлая попытку раціональнаго объясненія того же рода, Thimon le Juif [5]), по меньшей мѣрѣ, предвидѣлъ великую истину: онъ допустилъ единовременное существованіе двоякаго рода приливовъ и отливовъ, зависящихъ отъ луны и зависящихъ отъ солнца; первые онъ приписывалъ образованію воды, вызванному холодомъ луны, а вторые волненію воды, вызванному теплотой солнца.

Но слѣдуетъ признать, что только у врачей и астрологовъ XVI столѣтія получила точное выраженіе и стала плодотворно вліять идея двухъ видовъ приливовъ и отливовъ, равнаго рода, но не равной интенсивности—одного рода, вызываемаго луной, и другого, вызываемаго солнцемъ. Только они стали объяснять различныя измѣненія приливовъ и отливовъ совпаденіемъ или несовпаденіемъ этихъ двухъ родовъ ихъ.

Идея эта была формально провозглашена уже въ 1528 году, далматскимъ дворяниномъ Фредерикомъ Грисогономъ [6]) изъ Зара, котораго Ганнибалъ Раймондо намъ рекомендуетъ, какъ «великаго врача, философа и астролога».

---

[1]) Gasparis Contarini De elementis eorumque mixtionibus libri II; Lutetiae MDXLVIII.

[2]) Claude Duret: Discours de la verité... Paris, 1600, стр. 236.

[3]) Gulielmi Gilberti De mundo nostro philosophia nova, стр. 309 и 313.

[4]) Alberti Magni De causis proprietatum elementorum liber unus; tract. II c. VI. B. Alberti Magni, Opera omnia, Lugduni, 1651; t. V, стр. 306.

[5]) Quaestiones super quatuor libros meteorum compilatae per doctissimum philosophum professorem Thimonem, Lutetiae, 1516 et 1518; J. II, quaest II.

[6]) Federici Chrisogoni nobilis Jadertini de artificioso modo collegiandi, pronosticandi et curandi febres et de prognosticis aegritudinum per dies criticos necnon de humana felicitate, ac denique de fluxu et refluxu maris; Venetiis, impr. a Joan A de Sabio, 1528.

Въ сочиненіи, посвященномъ обсужденію критическихъ дней болѣзней, онъ выставляетъ слѣдующій принципъ: «солнце и луна притягиваютъ къ себѣ волны моря такъ, что въ направленіи, перпендикулярномъ къ каждому изъ этихъ небесныхъ тѣлъ, высота волны наибольшая; существуетъ поэтому, для каждаго изъ нихъ два максимума—одинъ подъ звѣздой, а другой на противоположной сторонѣ, что называется надиромъ этой звѣзды». И Фредерикъ Грисогонъ описываетъ вокругъ земного шара два элипсоида вращенія—одинъ, большая ось котораго направлена къ солнцу, и другой съ большой осью, направленной къ лунѣ. Каждый изъ этихъ двухъ элипсоидовъ изображаетъ форму, которую получило бы море, если бы оно подвергалось воздѣйствію одного только изъ этихъ двухъ небесныхъ тѣлъ; сложеніемъ обоихъ элипсоидовъ объясняются всѣ различныя особенности приливовъ и отливовъ.

Теорія Фредерика Грисогона получила большое распространеніе. Въ 1557 году ее излагаетъ въ общихъ чертахъ знаменитый математикъ, врачъ и астрологъ Джеронимо Кардано [1]). Около того же времени Фредерикъ Дельфино преподаетъ въ Падуѣ теорію приливовъ, исходящую изъ того же принципа [2]). 30 лѣтъ спустя Паоло Галлучи воспроизводитъ теорію Фредерика Грисогона [3]), Ганнибалъ Раймондо [4]) излагаетъ и комментируетъ оба ученія—Грисогона и Дельфино. Наконецъ, въ концѣ XVI столѣтія Клодъ Дюрэ [5]) нагло обнародываетъ ученіе Дельфино подъ своимъ собственнымъ именемъ.

Гипотеза дѣйствія солнца на воды моря, дѣйствія, совершенно сходнаго съ дѣйствіемъ луны, была уже провѣрена, привела уже къ весьма удовлетворительной теоріи прилива и отлива, когда Моренъ воспользовался ей въ своемъ пасквилѣ противъ Гассенди.

Гассенди съ ожесточеніемъ выступаетъ противъ магнитной силы, съ которой луна притягиваетъ будто бы земныя воды. Но еще

---

[1]) Hieronymi Cardani De rerum varietate libri XVII; Basileae, MDLVII, l. II cap. XIII.

[2]) Federici Delphini De fluxu et refluxu aquae maris; Venetiis MDLIX; deuxième édition, Basileae, MDLXXVII.

[3]) Pauli Gallucii Theatrum mundi et temporis MDLXXXVIII, стр. 70.

[4]) Annibale Raimondo: Trattato del flusso e reflusso del mare, in Venetia, 1589.

[5]) Discours de la vérité des causes et effects, des divers cours, mouvements, flux, reflux et saleure de la mer Océane mer Méditerrannée et autres mers de la Terre, par M. Claude Duret, conseiller du Roy, et premier juge au siège présidial de Moulins en Bourbonnais A Paris, chez Jacques Reze, MDC.

съ большимъ ожесточеніемъ онъ нападаетъ на [1]) новую гипотезу, формулированную Мореномъ. «Обыкновенно разсматриваютъ влажность, какъ результатъ дѣйствія луны, а относительно солнца предполагается, что оно не вызываетъ это дѣйствіе, а задерживаетъ его. Но Морену хочется, чтобы солнце поддерживало дѣйствіе луны. Онъ заявляетъ, что дѣйствія солнца и луны усиливаютъ другъ друга. Онъ предполагаетъ, слѣдовательно, что дѣйствія солнца и луны обусловлены одинаково, или, какъ выражаются, имѣютъ одну и ту же специфическую природу. По отношенію къ тому явленію, которое въ данномъ случаѣ насъ интересуетъ, это означаетъ, что если дѣйствіе луны выражается въ притяженіи водъ земныхъ, то таково же должно быть и дѣйствіе солнца».

Въ тотъ самый 1643 годъ, въ который Гассенди объявилъ столь необычной гипотезу, что луна и солнце могутъ оказывать аналогичныя дѣйствія притяженія, гипотеза эта была снова формулирована, но въ обобщенномъ и расширенномъ видѣ, въ видѣ допущенія всемірнаго тяготѣнія. Этимъ допущеніемъ, столь многозначительнымъ, мы обязаны Робервалю. Не имѣя смѣлости открыто заявить о немъ подъ собственнымъ своимъ именемъ, онъ выдалъ себя лишь за издателя и комментатора сочиненія [2]), написаннаго будто бы Аристархомъ изъ Самоса.

«Матерія, наполняющая пространство между небесными свѣти-

---

[1]) Gassendi Epistolae tres de motu impresso a motore translato, Epistola III, art, XVI, Parisiis, 1643.—Petri Gassendi Diniensis Opuscula philosophica, t. III, стр. 534. Lugduni, 1658.

[2]) Aristarchi Samii De Mundi systemate, partibus et motibus cujusdem liber singularis. Addictae sunt AE. P. de Roberval notae in eundem libellum. Parisiis, 1644. Сочиненіе это было отпечатано Мерсенномъ въ 1647 году въ III томѣ своихъ Cogitata physico—mathematica.—Если точно истолковывать мысль Роберваля, то въ его системѣ вовсе не слѣдуетъ, мнѣ кажется, видѣть теорію всемірнаго тяготѣнія. Части межпланетной матеріи притягиваютъ только части той же самой матеріи. Части земныя притягиваютъ только части земныя, части системы Венеры—только части этой системы и т. д. Во всякомъ случаѣ здѣсь есть уже взаимное притяженіе между системой земли и системой луны, между системой Юпитера и его спутниками. Примѣненіе Робервалемъ принципа Архимеда къ равновѣсію планетной системы внутри межпланетной матеріи было бы тогда совершенно ошибочнымъ. Но подобная ошибка представляетъ собой частое явленіе въ трудахъ математиковъ XVI вѣка и ее можно найти даже въ первыхъ работахъ Галилея.—Декартъ (Descartes: Correspondance, edition P. Tannery et Ch. Adam, t. IV, стр. 399 lettre de Descartes à Mersenne datée du 20 avril 1646) въ критикѣ, которой онъ подвергъ систему Роберваля, понялъ ее такъ, будто она основана на допущеніи всемірнаго тяготѣнія: „Denique aliam inesse praeterea similem proprietatem in omnibus et singulis terrae, aquae, aerisque partibus vi cujus ad se invicem ferantur, et se

лами и между частями каждаго изъ нихъ въ отдѣльности, утверждаетъ Роберваль, обладаетъ однимъ опредѣленнымъ свойствомъ или опредѣленной акциденціей. Силой этого свойства матерія эта оказывается соединенной въ одномъ и томъ же тѣлѣ, всѣ части этого тѣла постоянно притягиваются другъ къ другу, вслѣдствіе чего онѣ и оказываются объединенными въ одно цѣлое и могутъ быть отдѣлены другъ отъ друга лишь большей силой. Будь эта матерія одна, не находись она въ опредѣленной связи съ солнцемъ и другими планетами, она—если принять это допущеніе—концентрировалась бы въ совершенный шаръ и, получивъ точную фигуру послѣдняго, она оставалась бы въ равновѣсіи только при этомъ условіи. При такой фигурѣ центръ дѣйствія совпадалъ бы съ центромъ фигуры. Къ этому центру стремились бы всѣ части матеріи вслѣдствіе собственнаго своего стремленія или желанія, какъ и взаимнаго притяженія всѣхъ частей. Происходило бы это не силой самаго центра, какъ это полагаютъ люди невѣжественные, а силой всей системы, различныя части которой расположены равномѣрно вокругъ этого центра».

«Всей системы земли и элементамъ земнымъ и каждой части этой системы присуща извѣстная акциденція или извѣстное свойство, сходное со свойствомъ, которое мы приписали системѣ міра, взятой въ цѣломъ. Силой этого свойства всѣ части этой системы соединяются въ одну массу и взаимно другъ къ другу притягиваются. Они, дѣйствительно, соединены въ одно цѣлое и могутъ быть раздѣлены только большей силой. Но различныя части земныхъ тѣлъ обладаютъ этимъ свойствомъ или этой акциденціей въ неравной степени, обладая имъ въ тѣмъ большей степени, чѣмъ онѣ плотнѣе... Въ трехъ тѣлахъ, которыя мы называемъ землей, водой и воздухомъ, свойство это есть именно то, что мы обыкновенно называемъ тяжестью или легкостью; ибо для насъ легкость есть лишь меньшая тяжесть въ сравненіи съ большей».

Подобныя же разсужденія Роберваль повторяетъ относительно солнца и другихъ небесныхъ тѣлъ, такъ что ровно сто лѣтъ спустя послѣ опубликованія книги Коперника De revolutionibus orbium coelestium была уже формулирована гипотеза всемірнаго тяготѣнія.

---

reciproce attrahant; adeo ut hae (similique etiam modo aliae omnes quae aliquos planetas componunt vel circumdant) singulae duas ejusmodi habeant vires, *unam quae ipsas cum aliis partibus sui planetae, aliam quae easdem cum reliquis partibus Universi conjungat*".

Но гипотеза эта была однако несовершенна еще, страдая одним пробѣломъ. Какому закону подчинено взаимное притяженіе двухъ матеріальныхъ частицъ, когда разстояніе между этими двумя тѣлами возрастаетъ? Роберваль не далъ отвѣта на этотъ вопросъ. Но этотъ отвѣтъ не могъ замедлить явиться,—или лучше говоря— если онъ не былъ еще формулированъ, то это потому, что онъ былъ ясенъ для всѣхъ.

Аналогія между дѣйствіями, исходящими изъ небесныхъ свѣтилъ и свѣтомъ, изъ нихъ исходящимъ, была для физиковъ и астрологовъ среднихъ вѣковъ и эпохи Возрожденія по истинѣ общимъ мѣстомъ. Большинство ученыхъ изъ школы перипатетиковъ доводили эту аналогію до того, что они видѣли здѣсь неразрывную связь или даже тождество. Уже Скалигеръ [1]) видѣлъ себя вынужденнымъ возстать противъ этихъ преувеличеній. «Звѣзды, говоритъ онъ, могутъ дѣйствовать безъ помощи свѣта; магнитъ дѣйствуетъ безъ свѣта; во сколько разъ великолѣпнѣе дѣйствуютъ звѣзды!».

Тождественны ли онѣ со свѣтомъ или нѣтъ, во всякомъ случаѣ всѣ силы, всѣ species его субстанціальной формы, которыя тѣло испускаетъ вокругъ себя въ пространство, должны распространяться или размножаться, какъ выражались въ средніе вѣка, по однимъ и тѣмъ же законамъ. Уже въ XII столѣтіи Рожеръ Бэконъ [2]) попытался дать общую теорію этого распространенія. Распространеніе это происходитъ по прямымъ линіямъ [3]) или пользуясь современнымъ выраженіемъ, сферическими волнами въ совершенно однородной средѣ. Будь онъ такимъ же хорошимъ математикомъ, какими, по его мнѣнію, должны были бы быть физики, Бэконъ безъ труда сдѣлалъ бы слѣдующій выводъ изъ своихъ разсужденій [4]): сила подобной species всегда обратно пропорціональна квадрату разстоянія отъ источника своего. Такой законъ былъ бы естественнымъ выводомъ изъ аналогіи, допущенной между распространеніемъ дѣйствія этихъ силъ и распространеніемъ свѣта.

Ни одинъ астрономъ, пожалуй, не настаивалъ въ такой мѣрѣ на этой аналогіи, какъ Кеплеръ. Вращеніе солнца есть для него

---

[1]) Julii — Caesaris Scaligeri De subtilitate adversus Cardanum, Exercitatio LXXXV.

[2]) Rogerii Bacconnis Angli Specula mathematica in qua de specierum multiplicatione, earumdemque in inferioribus virtute agitur; Francofurti, MDCXIV.

[3]) Roger Bacon: Loc. cit., dist. II, cc. I, II, III.

[4]) Roger Bacon: Loc. cit., dist. III, c. II.

причина вращенія планетъ. Солнце сообщаетъ имъ извѣстное качество, извѣстное сходство со своимъ движеніемъ, нѣкоторую species motus, которая должна и ихъ приводить въ движеніе. Эта species motus, эта virtus movens не тождественна съ солнечнымъ свѣтомъ, но находится въ извѣстной родственной связи съ нимъ [1]); она пользуется имъ, можетъ быть, какъ инструментомъ или средствомъ передвиженія.

Но интенсивность испускаемаго небеснымъ свѣтиломъ свѣта измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ этого свѣтила; это—положеніе извѣстное со времени античной древности, содержащееся въ сочиненіи по оптикѣ, приписываемомъ Эвклиду, и доказанное Кеплеромъ [2]). Аналогія требовала, чтобы испускаемая солнцемъ virus movens измѣнялась обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ этого свѣтила. Но динамика, которой пользуется Кеплеръ, есть еще античная динамика Аристотеля. Сила, приводящая въ движеніе тѣло, пропорціональна скорости этого тѣла. Вслѣдствіе этого законъ поверхностей, открытый Кеплеромъ, приводитъ его къ слѣдующему положенію: virtus movens, которой подчинена планета, измѣняется обратно пропорціонально первой степени разстоянія ея отъ солнца.

Такого рода измѣненіе, весьма мало согласующееся съ аналогіей между испускаемой солнцемъ species motus и испускаемымъ имъ свѣтомъ, не могло не смущать Кеплера и вотъ онъ силится [3]) согласовать его съ этой аналогіей, между прочимъ, при помощи слѣдующаго замѣчанія: свѣтъ распространяется въ пространствѣ по всѣмъ направленіямъ, между тѣмъ какъ virtus motrix распространяется только въ плоскости солнечнаго экватора; интенсивность перваго обратно пропорціональна квадрату разстоянія отъ источника, а интенсивность второй обратно пропорціональна первой степени этого разстоянія; оба эти различныхъ закона выражаютъ, какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ

---

[1]) Joannis Kepleri De motibus stellae Martis commentarii, c. XXXIV.—Joannis Kepleri Opera omnia, t. III, стр. 302—Epitome Astronomiae Copernicanae; T. IV, II part, art. 3.—Joannis Kepleri Opera omnia, t. VI, стр. 347.

[2]) Joannis Kepleri Ad Vitellium paralipomena quibus Astronomiae pars optica traditur; Francofurti, 1604, c. I, prop. IX.—Joannis Kepleri Opera omnia, t. II, стр. 133.

[3]) Joannis Kerleri Commentarii de motibus stellae Martis, c. XXXVI.—Kepleri Opera omnia t. III, стр. 302, 309.—Epitome Astronomiae Copernicanae, IV, II-e part., art. 3.—Kepleri Opera omnia, t. VI, стр. 349.

одну и ту же истину: все количество свѣта или species motus ни мало не теряется на пути своего распространенія.

Даже объясненія Кеплера намъ показываютъ, съ какой силой законъ обратной пропорціональности квадрату разстоянія прежде всего ему приходитъ въ голову, когда дѣло идетъ объ интенсивности какого-нибудь качества, которое тѣло испускаетъ вокругъ себя по всѣмъ направленіямъ. Столь же очевиднымъ этотъ законъ долженъ былъ казаться и его современникамъ. Ismaël Boulliau прежде всего провозгласилъ его для свѣта и затѣмъ не замедлилъ распространить его на virtus motrix, съ которой по Кеплеру солнце дѣйствуетъ на планеты: «Сила эта, говоритъ онъ [1]), съ которой солнце схватываетъ или удерживаетъ планеты и которой оно пользуется, какъ тѣлесными руками, распространяется по прямой линіи во всемъ міровомъ пространствѣ; будучи какъ бы нѣкораго рода species солнца, она вращается вмѣстѣ съ тѣломъ его; будучи тѣлесной, она уменьшается и ослабляется съ увеличеніемъ разстоянія и уменьшается она, подобно свѣту, обратно пропорціонально квадрату разстоянія».

Дѣйствіе virtus motrix, о которой говоритъ Boulliau и которую мы встрѣчаемъ у Кеплера, направлено не отъ планетъ къ солнцу, а перпендикулярно къ этому направленію. Это не притяженіе, подобное тому, какое допускаетъ Роберваль и съ которымъ мы встрѣтимся у Ньютона, но мы ясно видимъ, что физики XVII столѣтія, обсуждая притяженіе двухъ тѣлъ, съ самаго же начала приходятъ къ допущенію, что это притяженіе обратно пропорціонально квадрату разстоянія между этими двумя тѣлами.

Второй примѣръ представляютъ работы Атаназіуса Кирхера о магнитѣ [2]); аналогія между свѣтомъ, испускаемымъ какимъ-нибудь источникомъ свѣта, и силой, исходящей изъ каждаго изъ двухъ полюсовъ магнита, склоняетъ его къ закону, что интенсивность того и другого качества возрастаетъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Если онъ не соглашается съ этимъ допущеніемъ ни для магнитизма, ни для свѣта, то это потому, что изъ него вытекаетъ возможность распространенія дѣйствія того и другого ка-

---

[1]) Ismaelis Bullialdi, Astronomia Philolaica, Parisiis 165 стр. 23.

[2]) Athanasii Kircheri Magnes, sive de arte magnetica; Romae 1641, T. I, prop. XVII, XIX, XX. Въ положеніи XX Кирхеръ говоритъ о возрастаніи силы обратно пропорціонально разстоянію, но это простой lapsus, вызванный тѣмъ, что, говоря о шаровыхъ поверхностяхъ, Кирхеръ выразилъ ихъ черезъ дуги круга. При всемъ томъ мысль автора вполнѣ ясна.

чества до безконечности, между тѣмъ какъ онъ допускаетъ для каждаго изъ нихъ опредѣленную сферу дѣйствія, за предѣлами которой оно безусловно отсутствуетъ.

Такимъ образомъ съ первой половины XVII столѣтія всѣ матеріалы для построенія гипотезы всемірнаго тяготѣнія были собраны, распредѣлены и готовы къ примѣненію. Но никому и въ голову не приходитъ, какое широкое распространеніе будетъ дано этому примѣненію. Магнитная сила, съ которой различныя части матеріи притягиваются другъ къ другу, служитъ для объясненія явленій паденія тяжелыхъ тѣлъ, какъ и явленій прилива и отлива. Никому и въ голову не приходитъ еще воспользоваться ей для описанія движеній небесныхъ тѣлъ. Даже напротивъ, когда физики приступаютъ къ рѣшенію проблемы механики неба, эта притягательная сила имъ только мѣшаетъ.

Происходитъ это потому, что наука, которая должна помочь имъ своими принципами, именно динамика, находится еще въ періодѣ младенчества. Находясь еще всецѣло подъ вліяніемъ ученій Аристотеля, изложенныхъ имъ въ книгѣ De Coelo, они представляютъ себѣ силу, подъ дѣйствіемъ которой планета вращается вокругъ солнца, на подобіе лошади въ манежѣ: направленная въ каждый моментъ, подобно скорости движущагося тѣла, она пропорціональна этой скорости. Именно на основаніи этого принципа Кардано [1]) сравниваетъ дѣйствіе жизненнаго принципа, который приводитъ въ движеніе планету Сатурнъ, съ дѣйствіемъ жизненнаго принципа, который приводитъ въ движеніе луну: вычисленіе довольно наивно еще, но это—первый образецъ разсужденій, которыя послужатъ для построенія механики неба.

Находясь еще всецѣло подъ вліяніемъ принциповъ, которыми руководился Кардано въ своихъ вычисленіяхъ, математики XVI и первой половины XVII столѣтій не знаютъ еще, что планета, разъ приведенная въ движеніе, вовсе не должна притягиваться въ направленіи своего движенія, чтобы описать кругъ въ равномѣрномъ движеніи; напротивъ того, для этого необходимо, чтобы притяженіе къ центру круга удерживало ее на ея траекторіи и мѣшало ей удалиться по касательной къ ней. Поэтому, механика неба находится всецѣло подъ вліяніемъ слѣдующихъ двухъ предразсудковъ: во-первыхъ, каждой планетѣ приписывается сила, дѣйствіе кото-

[1]) Hieronymi Cardani. Opus novum de proportionibus; Basileae 1570; prop. CLXIII, стр. 165.

рой перпендикулярно къ радіусу-вектору, исходящему отъ солнца,— сила, запряженная, такъ сказать, въ этотъ радіусъ-векторъ, какъ манежная лошадь—въ возжи, которыми она управляется; во-вторыхъ, избѣгается притяженіе солнцемъ планеты, которое, казалось, бросило бы оба свѣтила другъ къ другу.

Кеплеръ усматриваетъ virtus motrix въ качествѣ, въ species motus, источникомъ которой является солнце. Что же касается магнитнаго притяженія, которымъ онъ такъ хорошо воспользовался для объясненія явленій тяжести и прилива и отлива, то онъ обходитъ его совершенно молчаніемъ, когда рѣчь идетъ о движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ. Декартъ замѣняетъ species motus вихревымъ движеніемъ эфира. «Но Кеплеръ [1]) такъ хорошо подготовилъ здѣсь все, что установленіе согласія между корпускулярной философіей и астрономіей Коперника не представляло большого труда для Декарта».

Во избѣжаніе того вывода, что притяженіе должно бросить планеты на солнце, Роберваль погружаетъ всю систему міра въ эфирную среду, въ которой дѣйствуютъ тѣ же силы притяженія и которая болѣе или менѣе разрѣжена подъ дѣйствіемъ лучей солнца. Каждая планета, окруженная своими элементами, сохраняетъ внутри этой среды то положеніе равновѣсія, которое предписывается ей принципомъ Архимеда. Кромѣ того, движеніе солнца вслѣдствіе тренія вызываетъ въ нѣдрахъ этого эфира вихрь, увлекающій за собой планеты точно такъ, какъ species motus, на которую ссылался Кеплеръ.

Въ системѣ Борелли [2]) мы находимъ вліяніе и Роберваля и Кеплера. Подобно Кеплеру, Борелли ищетъ силу, которая увлекала бы каждую планету по ея траекторіи, въ силѣ, исходящей изъ солнца, переносимой свѣтомъ ея и съ интенсивностью, обратно пропорціональной разстоянію между двумя небесными свѣтилами. Вмѣстѣ же съ Робервалемъ онъ принимаетъ [3]), что «каждой планетѣ присущъ естественный инстинктъ, подъ вліяніемъ котораго она стремится приблизиться къ солнцу по прямой линіи. Такимъ же образомъ всякое тяжелое тѣло вслѣдствіе естественнаго

---

[1]) Leibniz: Lettre á Molanus (?) (Oeuvres de Leibniz. Edition Gerhardt, t. IV, стр. 301).

[2]) Alphonsi Borelli Theoriae Mediceorum planetarum ex causis physicis deductae, Florentiae, 1665. — Ernst Goldbeck: Die Gravitations — hypothese bei Galilei und Borelli, Berlin, 1897.

[3]) Borelli: Loc cit., стр. 76

инстинкта стремится приблизиться къ нашей землѣ, толкаемое тяжестью, сближающей его съ землей; такимъ же образомъ желѣзо движется по прямой линіи къ магниту».

Силу эту, относящую планету къ солнцу, Борелли сравниваетъ съ тяжестью. Не похоже на то, чтобы онъ отождествлялъ ее съ этой послѣдней. Вслѣдствіе этого его система уступаетъ системѣ Роберваля. Уступаетъ она ей и въ томъ, что она предполагаетъ притяженіе, оказываемое планетой, не зависимымъ отъ разстоянія этой послѣдней отъ солнца. Но въ одномъ пунктѣ она превосходитъ ее: чтобы уравновѣсить эту силу, чтобы воспрепятствовать планетѣ упасть на солнце, она не ссылается уже на давленіе эфирной среды, въ которой планета находится въ состояніи равновѣсія, согласно принципу Архимеда, а ссылается на примѣръ камня, вращаемаго въ кругѣ и сильно натягивающаго нить, къ которой онъ привязанъ; чтобы уравновѣсить [1]) инстинктъ, съ которымъ планета стремится къ солнцу, она противополагаетъ ему тенденцію каждаго тѣла удалиться отъ центра вращенія, такъ называемую vis repellens, которую она принимаетъ обратно пропорціональной радіусу орбиты.

Идея Борелли существенно отличается отъ мнѣній, на которыхъ остановились его непосредственные предшественники. Но развѣ онъ совсѣмъ не имѣлъ предшественниковъ? Не натолкнулся ли Борелли при чтеніи старыхъ авторовъ на мысли, которыя дали толчекъ этой идеѣ его? Аристотель [2]) сообщаетъ намъ, что Эмпедоклъ объяснялъ покой земли быстрымъ вращеніемъ неба. «Такъ, напр., вода не выливается изъ сосуда, который вращается; она не выливается даже тогда, когда сосудъ перевернутъ дномъ вверхъ, ибо этому мѣшаетъ вращеніе». Затѣмъ въ сочиненіи, которое усердно читалось древними астрономами и которое Кеплеръ перевелъ и снабдилъ своими комментаріями, Плутархъ [3]) выражается слѣдующимъ образомъ: «Луна не падаетъ на землю, благодаря собственному своему движенію и быстротѣ вращенія; точно также предметы, помѣщенные въ пращѣ, не выпадаютъ изъ него при быстромъ вращеніи въ кругѣ; природа (тяжесть) увлекаетъ въ движеніе всѣ тѣла за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда другое движеніе сильнѣе; но тяжесть не приводитъ въ движеніе луны,

---

1) Borelli: Loc cit., p. 47.

2) Aristoteles: Περὶ οὐρανοῦ, B, αγ.

3) Plutarch: Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τῷ κύκλῳ τῆς σελήνης, Z.

ибо вслѣдствіе вращательнаго движенія она теряетъ эту свою силу». Болѣе ясно выразить гипотезу, которую впослѣдствіи принялъ Борелли, врядъ ли было возможно.

При всемъ томъ это обращеніе къ центробѣжной силѣ было геніальной идеей. Къ несчастію, Борелли не сумѣлъ извлечь изъ нея пользу. Онъ не знаетъ точныхъ законовъ ея даже въ томъ случаѣ, когда движущееся тѣло описываетъ кругъ въ равномѣрномъ движеніи. Тѣмъ труднѣе ему вычислить ее въ случаѣ, когда тѣло движется по эллипсу, согласно законамъ Кеплера. Не можетъ онъ также вывести эти законы дедуктивно изъ формулированныхъ имъ гипотезъ.

Въ 1674 году секретаремъ Королевскаго Общества въ Лондонѣ былъ физикъ Гукъ [1]). И его занимаетъ проблема, надъ разрѣшеніемъ которой работали Кеплеръ, Роберваль и Борелли. Онъ знаетъ, что «всякое тѣло, разъ приведенное въ движеніе, продолжаетъ двигаться до безконечности, равномѣрно и по прямой линіи, покуда не являются другія силы, подъ дѣйствіемъ которыхъ путь его изгибается въ кругъ, эллипсъ или какую-нибудь другую, болѣе сложную кривую». Знаетъ онъ также, какими силами опредѣляются траекторіи различныхъ небесныхъ тѣлъ: «Всѣ безъ исключенія небесныя тѣла обладаютъ способностью притяженія или тяжестью, дѣйствіе которой направлено къ ихъ центру. Благодаря этой способности, они не только удерживаютъ собственныя свои части, мѣшая имъ удалиться въ пространство, какъ мы это видимъ здѣсь на землѣ, но они притягиваютъ еще всѣ другія небесныя тѣла, находящіяся въ сферѣ ихъ дѣйствія. Вслѣдствіе этого не только солнце и луна вліяютъ на движеніе и скорость земли и наоборотъ, но и Меркурій, Венера, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ имѣютъ значительное вліяніе на движеніе земли, какъ и земля имѣетъ значительное вліяніе на ихъ движенія». Наконецъ, Гукъ знаетъ и то, что «силы притяженія проявляются съ тѣмъ большей энергіей, чѣмъ ближе тѣла, которыя подвергаются ихъ дѣйствію, къ центру этого тѣла, изъ котораго эти силы исходятъ». Онъ признаетъ, что «онъ не опредѣлилъ еще на опытѣ, какъ эта сила возрастаетъ съ приближеніемъ къ центру». Но уже и въ этотъ моментъ онъ допускаетъ, что интенсивность этой способности притяженія обратно пропорціональна квадрату разстоянія, хотя онъ

---

[1]) Hooke: On attempt to prove to annual motion of the Earth; London 1674

обнародовалъ этотъ законъ лишь въ 1678 году. Утвержденіе его по этому вопросу тѣмъ болѣе вѣроятно, что другой членъ Королевскаго Общества, Вренъ, по свидѣтельству Ньютона и Галлея, обладалъ уже этимъ закономъ. И Гукъ и Вренъ вывели его, безъ сомнѣнія, изъ сравненія тяжести со свѣтомъ-сравненія,на основаніи котораго около этого же времени предполагалъ его уже и Галлей.

Но съ 1672 года Гукъ обладаетъ уже всѣми постулатами, которые должны послужить къ построенію системы всемірнаго тяготѣнія. Но онъ не можетъ извлечь изъ этихъ постулатовъ всей возможной пользы. Затрудненіе, которое помѣшало Борелли, мѣшаетъ и ему. Онъ не можетъ опредѣлить величины и направленія криволинейнаго движенія, вызваннаго перемѣнной силой. Онъ вынужденъ, поэтому, опубликовать свои гипотезы, мало еще плодотворныя, въ надеждѣ, что найдется математикъ, болѣе способный использовать ихъ: «Это—идея, которая, будучи развита, какъ она того заслуживаетъ, не можетъ не оказаться весьма полезной астрономамъ, чтобы при помощи ея подвести всѣ небесныя движенія подъ одно опредѣленное правило; иначе получить это правило, я думаю, не удастся никогда. Тѣ, которые знаютъ теорію колебательныхъ движеній маятника и кругового движенія, легко поймутъ, на какой основѣ покоится излагаемый мною здѣсь общій принципъ, и имъ удастся найти въ природѣ средства, чтобы выяснять истинный физическій характеръ его».

Для выполненія подобнаго рода работы безусловно необходимо было знаніе общихъ законовъ, устанавливающихъ зависимость криволинейнаго движенія отъ вызывающихъ его силъ. Въ моментъ же, когда появилась работа Гука, законы эти были формулированы. Къ открытію ихъ привело изученіе колебаній маятника. Въ 1673 году Гюйгенсъ [1]) опубликовалъ свою работу о часахъ съ маятникомъ. Теоремы, которыми заканчивается эта работа, даютъ средство для рѣшенія—по крайней мѣрѣ, для круговыхъ траэкторій—проблемъ, которыя не могли быть разрѣшены Борелли и Гукомъ.

Изслѣдованіямъ, имѣвшимъ своимъ предметомъ механическое объясненіе движеній небесныхъ тѣлъ, работа, опубликованная Гюйгенсомъ, дала новый и плодотворный толчекъ. Въ 1689 году Лейбницъ [2]) вновь предлагаетъ теорію, аналогичную теоріи Борелли.

---

[1]) Christiani Hugenii De hororogio oscillatorio; Parisiis, 1673.

[2]) Leibnitii Tentamen de motuum coelestium causis (Acta Eruditorum Lipsiae, anno 1689).

Каждое небесное свѣтило находится подъ дѣйствіемъ притягательной силы, направленной къ солнцу, центробѣжной силы, направленной въ противоположную сторону (величина ея должна быть выведена изъ теоремъ Гюйгенса) и, наконецъ, импульса эфира, въ средѣ котораго оно пребываетъ,—импульса, который Лейбницъ предполагаетъ нормальнымъ къ радіусу-вектору и обратно пропорціональнымъ длинѣ этого радіуса. Этотъ импульсъ играетъ какъ разъ роль virtus motrix, на которую ссылались Кеплеръ и Борелли. Это только перенесеніе ея въ вихревую систему Декарта и Роберваля. При помощи правилъ, формулированныхъ Гюйгенсомъ, Лейбницъ вычисляетъ силу, подъ дѣйствіемъ которой планета должна тяготѣть къ солнцу, если движеніе ея подчинено законамъ Кеплера; онъ находитъ, что она обратно пропорціональна квадрату радіуса-вектора.

Съ другой стороны и Галлей уже съ 1684 года примѣняетъ теоремы Гюйгенса къ гипотезамъ Гука. Принимая орбиты различныхъ планетъ круговыми, онъ констатируетъ, что открытая Кеплеромъ пропорціональность между квадратами временъ оборотовъ планетъ и кубами діаметровъ предполагаетъ слѣдующее условіе: различныя планеты должны быть подчинены силамъ, прямо пропорціональнымъ ихъ массамъ и обратно пропорціональнымъ квадратамъ ихъ разстояній отъ солнца.

Но въ тотъ самый моментъ, когда Галлей предпринимаетъ эти попытки, о которыхъ онъ опубликовалъ лишь послѣ того, какъ Лейбницъ формулировалъ свою теорему, Ньютонъ сообщаетъ Королевскому Обществу въ Лондонѣ первые результаты своихъ разсужденій о механикѣ неба. Въ 1686 году онъ предлагаетъ вниманію этого Общества свою работу Philosophiae naturalis principia mathematica. Въ этой работѣ была въ полномъ объемѣ развита теорія, которая Гукомъ, Вреномъ и Галлеемъ была разработана лишь въ нѣкоторыхъ отдѣльныхъ частяхъ.

Эта теорія, подготовленная многовѣковыми усиліями физиковъ, далеко не внезапно и сразу появилась въ головѣ Ньютона. Уже въ 1665 или 1666 году, семь или восемь лѣтъ раньше, чѣмъ Гюйгенсъ обнародовалъ свою книгу De horologio oscillatorio, Ньютонъ собственными усиліями открылъ законы равномѣрнаго кругового движенія. Какъ это сдѣлалъ впослѣдствіи Галлей въ 1864 году, онъ сопоставилъ эти законы съ третьимъ закономъ Кеплера и констатировалъ, что солнце должно притягивать равныя массы различныхъ планетъ съ силой, обратно пропорціональной квадрату

разстояній ихъ. Но ему хотѣлось болѣе точной провѣрки этого положенія. Ему хотѣлось убѣдиться въ томъ, что, уменьшивъ въ такой пропорціи тяжесть, которую мы констатируемъ на поверхности земли, мы получили бы въ точности силу, способную уравновѣсить центробѣжную силу, стремящуюся увлечь за собой луну. Но размѣры земли были тогда мало установлены; они дали Ньютону въ мѣстѣ, которое занимаетъ луна, величину тяжести, на $^1/_6$ большую ожидаемаго результата. Строгій послѣдователь экспериментальнаго метода, Ньютонъ и не опубликовалъ теоріи, которой данныя наблюденія противорѣчатъ. Къ результатамъ своихъ размышленій онъ до 1682 года не прибавляетъ ничего. Въ этомъ же году Ньютонъ знакомится съ результатами новыхъ геодезическихъ измѣреній, произведенныхъ Пикаромъ. Онъ возобновляетъ свои прежнія вычисленія и на этотъ разъ результатъ получается вполнѣ удовлетворительный: сомнѣнія великаго математика исчезаютъ, и онъ можетъ создать свою удивительную систему. 20 лѣтъ непрестанныхъ размышленій ему понадобились, чтобы создать свою работу, въ которую столь много математиковъ и физиковъ отъ Леонардо да Винчи и Коперника внесли свою лепту.

Разсужденія самыя разнообразныя, ученія самыя различныя возникали одни за другими, ставя себѣ цѣлью конструкцію механики неба: повседневный вульгарный опытъ, который знакомитъ насъ съ тяжестью, научныя измѣренія Тихо де Браге и Пикара и законы, результаты наблюденія, формулированные Кеплеромъ; вихри картезіанцевъ и атомистовъ и раціональная динамика Гюйгенса; метафизическія ученія перипатетиковъ и системы врачей и фантазіи астрологовъ; ученія, сравнивающія тяжесть съ магнитными дѣйствіями, и ученія, сближающія свѣтъ съ взаимными дѣйствіями небесныхъ свѣтилъ. На протяженіи этого длиннаго и обильнаго трудами періода дѣтства мы можемъ наблюдать медленныя и постепенныя преобразованія, которыми шло развитіе теоретической системы, но нѣтъ ни одного момента, въ который мы могли бы констатировать внезапное и ничѣмъ не обусловленное нарожденіе новыхъ гипотезъ.

§ III.—Физикъ не выбираетъ гипотезъ, на которыхъ онъ обосновываетъ свою теорію, а онѣ зарождаются въ его умѣ помимо него.

Процессъ развитія науки, приведшій къ созданію системы всемірнаго тяготѣнія, совершался медленно на протяженіи вѣковъ. Мы прослѣдили также шагъ за шагомъ развитіе этой идеи вплоть до той степени совершенства, которую придалъ ей Ньютонъ. Случается иногда, что процессъ развитія теоретической системы чрезвычайно сжимается и достаточно нѣсколько лѣтъ, чтобы гипотезы, на которыхъ должна покоиться теорія, развились изъ первоначальной своей стадіи до степени полной законченности.

Такъ, въ 1819 году, Эрстедъ открываетъ дѣйствіе электрическаго тока на магнитную стрѣлку. Въ 1820 году Араго знакомитъ съ этимъ опытомъ Академію Наукъ. 18 сентября 1820 года Академія выслушиваетъ работу Ампера, въ которой онъ знакомитъ ее съ установленными имъ взаимными дѣйствіями тока. 23 декабря 1823 года ея вниманію предлагается другая работа Ампера, въ которой теоріи электродинамики и электромагнитизма изложены въ окончательной своей формѣ. Сто сорокъ три года отдѣляютъ появленіе книги De revolutionibus orbium coelestium libri sex отъ появленія книги Philosophiae naturalis principia mathematica. Отъ обнародованія опыта Эрстеда до появленія упомянутой работы Ампера не прошло и полныхъ четырехъ лѣтъ. А между тѣмъ, если бы объемъ этой книги позволилъ намъ изложить исторію электродинамическихъ теорій [1]) въ теченіе этихъ четырехъ лѣтъ въ деталяхъ, мы нашли бы здѣсь всѣ характеристическіе признаки, съ которыми насъ познакомило вѣковое развитіе механики неба. Передъ нами не предсталъ-бы геній Ампера, охватывающій однимъ взглядомъ обширную, образовавшуюся экспериментальную область и однимъ свободнымъ творческимъ актомъ выбравшій ту систему гипотезъ, которая опишетъ эти данныя наблюденія. Нѣтъ, мы нашли-бы здѣсь извѣстныя колебанія, движеніе впередъ ощупью и постепенно, всевозможныя частичныя поправки—все, что имѣло мѣсто и на протяженіи тѣхъ полутора вѣковъ, которые отдѣляютъ

[1]) Читатель, который пожелалъ бы познакомиться съ этой исторіей, найдетъ всѣ необходимые документы въ томахъ II и III Collection de Mèmoires relatifs à la Physique publiés par la Sociéte française de Physique (Mémoires sur l'Electrodynamique, 1885 и 1887).

Ньютона отъ Коперника. Исторія электродинамики въ сильной степени напоминаетъ исторію всемірнаго тяготѣнія. Вся разница въ томъ, что многочисленныя усилія, многократно повторенныя попытки, образующія содержаніе этихъ двухъ исторій, въ первомъ случаѣ были раздѣлены гораздо меньшими промежутками, чѣмъ во второмъ. Произошло это, благодаря чрезвычайной плодовитости Ампера, въ теченіе четырехъ лѣтъ чуть ли не каждый мѣсяцъ преподносившаго Академіи новую работу, и благодаря также плеядѣ ученыхъ математиковъ, искусныхъ физиковъ, людей геніальныхъ, работавшихъ вмѣстѣ съ нимъ надъ построеніемъ новаго ученія. Ибо съ именемъ Ампера исторія электродинамики должна соединить не только имя Эрстеда, но и имена Араго, Гемфри Дэви, Біо, Савара, Бабине, Савари, Деларива, Беккереля, Фарадея, Френеля и Лапласа.

Случается и такъ, что исторія отдѣльныхъ фазъ развитія какой-нибудь системы физическихъ гипотезъ остается навсегда скрытой отъ насъ. Она сжалась въ небольшое число лѣтъ и сконцентрировалась въ одномъ умѣ. Авторъ ихъ не знакомилъ другихъ со своими идеями по мѣрѣ ихъ зарожденія, какъ это дѣлалъ Амперъ; взявъ себѣ въ образецъ долголѣтнее терпѣніе Ньютона, онъ ждалъ, покуда теорія его не приметъ вполнѣ законченную форму. Но мы можемъ быть вполнѣ увѣрены, что не въ этой формѣ теорія его съ самаго же начала зародилась въ его умѣ, а она есть результатъ многочисленныхъ усовершенствованій и поправокъ и что каждая изъ этихъ послѣднихъ есть результатъ не свободнаго выбора автора, а безчисленнаго множества условій внѣшнихъ и внутреннихъ, болѣе или менѣе сознательныхъ для автора и опредѣлявшихъ этотъ выборъ.

Впрочемъ, какъ ни быстра и сжата эволюція какой-нибудь физической теоріи, всегда возможно констатировать, что нарожденію ея предшествовалъ довольно длительный подготовительный періодъ. Промежуточныя звенья, ведущія отъ первыхъ набросковъ ея до законченной ея формы, могутъ въ такой мѣрѣ ускользнуть отъ нашего взгляда, что намъ можетъ показаться, что мы видимъ предъ собой плодъ мгновеннаго и свободнаго творчества. Но была предварительная работа, подготовившая почву, на которую впослѣдствіи упали первыя сѣмена. Это именно она сдѣлала возможнымъ такое ускоренное развитіе, а эта работа можетъ быть прослѣжена на протяженіи вѣковъ.

Опыта Эрстеда было достаточно, чтобы вызвать интенсивную и чуть ли не лихорадочную работу, которая по истеченіи четырехъ

лѣтъ увѣнчалась вполнѣ законченной электродинамической теоріей. Но въ тотъ моментъ, когда зерно это было брошено на почву науки XIX столѣтія, почва эта была удивительнымъ образомъ подготовлена къ его воспріятію, къ его питанію и развитію. Ньютонъ возвѣстилъ уже, что электрическія и магнитныя притяженія должны быть подчинены законамъ, аналогичнымъ съ законами всемірнаго тяготѣнія. Это допущеніе было преобразовано въ экспериментальную истину работами Кэвендиша и Кулона для электрическихъ притяженій и работами Т. Майера и Кулона для дѣйствій магнитныхъ. И вотъ такимъ то образомъ физики мало по малу привыкли разлагать всѣ силы, дѣйствующія на разстояніи, на элементарныя дѣйствія, обратно пропорціональныя квадратамъ разстояній между тѣми элементами, между которыми эти силы дѣйствуютъ. Съ другой же стороны анализъ различныхъ проблемъ, которыя ставитъ астрономія, пріучилъ математиковъ къ трудностямъ, возникающимъ при сложеніи подобныхъ силъ. Гигантскіе успѣхи математики въ теченіе XVIII столѣтія были обобщены и сведены въ одно единое цѣлое въ книгѣ Лапласа, «La Mècanique celeste». Методы, созданные для изученія движеній небесныхъ тѣлъ, со всѣхъ сторонъ искали въ земной механикѣ случая доказать свою плодотворность и математическая физика развивалась съ удивительной быстротой. Между прочимъ Пуассонъ развилъ съ помощью придуманныхъ Лапласомъ аналитическихъ методовъ математическую теорію статическаго электричества и магнитизма, а Фурье нашелъ удивительный случай для примѣненія тѣхъ же методовъ въ своихъ изслѣдованіяхъ явленій распространенія теплоты. Явленія электродинамическія и электромагнитныя могли быть открыты физиками и математиками, ибо и тѣ и другіе были вполнѣ вооружены для того, чтобы овладѣть ими и обобщить ихъ въ одну теорію.

Но одной системы экспериментальныхъ законовъ недостаточно еще, чтобы физикъ могъ знать, какія гипотезы ему выбрать, чтобы дать этимъ законамъ теоретическое выраженіе. Для этого нужно еще, чтобы мысли, привычныя тѣмъ, въ средѣ которыхъ онъ живетъ, да и тенденціи, привитыя ему самому предыдущими его научными работами, руководили имъ въ его изслѣдованіяхъ и ограничивали слишкомъ большой просторъ, предоставленный ему законами логики. Сколько частей физики сохраняютъ по настоящей день свою чисто эмпирическую форму, дожидаясь наступленія условій, благопріятныхъ нарожденію геніальнаго физика, способнаго создать гипотезы, которыя обобщатъ эти части физики въ цѣльную теорію!

Зато, когда развитіе всей науки достаточно подготовило умы для усвоенія теоріи, развитіе ея идетъ форсированнымъ маршемъ. И тогда довольно часто случается, что она чуть ли не въ одно и то же время зарождается въ умахъ физиковъ, между собой совершенно незнакомыхъ, предававшихся своимъ размышленіямъ въ большомъ отдаленіи другъ отъ друга. Идея носится, такъ сказать, въ воздухѣ, уносимая вѣтромъ изъ страны въ страну, готовая оплодотворить каждый геній, способный ее воспринять и развить, подобная цвѣточной пыли, способной дать плодъ вездѣ, гдѣ она встрѣчаетъ зрѣлую чашечку.

Спеціалисту по исторіи развитія наукъ неоднократно представляется возможность констатировать это одновременное появленіе одного и того же ученія въ странахъ, весьма удаленныхъ другъ отъ друга. Но какъ ни часто это явленіе, онъ никогда не можетъ проходить мимо него безъ удивленія. [1]). Мы видѣли уже выше, какъ система всемірнаго тяготѣнія зародилась въ одно и то же время въ умахъ Гука, Врена и Галлея, получивъ около того же времени законченную форму у Ньютона. Такъ и въ серединѣ XIX столѣтія принципъ эквивалентности между теплотой и работой нашелъ свою формулировку въ очень близкія между собой эпохи у Роберта Майера въ Германіи, у Джоуля въ Англіи и у Кольдинга въ Даніи. Никто изъ нихъ не зналъ, однако, о размышленіяхъ своихъ соперниковъ и никто изъ нихъ не подозрѣвалъ, что та же идея за нѣсколько лѣтъ до этого достигла уже полной зрѣлости въ геніальномъ умѣ Сади Карно во Франціи.

Мы могли бы привести не мало примѣровъ еще этой изумительной одновременности открытій, но мы ограничимся упоминаніемъ только объ одномъ еще, который намъ представляется особенно удивительнымъ.

Явленіе полнаго **свѣтового отраженія** отъ предѣльной поверхности двухъ средъ не легко поддается пониманію въ теоретическомъ зданіи, носящемъ названіе волнообразной теоріи свѣта. Въ 1823 году Френель далъ формулы для выраженія этого явленія, но онъ получилъ ихъ какимъ-то даромъ провидѣнія [2]) самымъ страннымъ и самымъ нелогичнымъ, какой только знаетъ исторія физики. Геніальныя экспериментальныя подтвержденія, которыя

---

[1]) F. Mentre: La simultanéité des dècouvertes scientifiques (Revue scientifique, 5-e sèrie, t. II. стр. 555; 1904).

[2]) Augustin Fresnel: O'Euvres complètes, t. I, стр. 782.

онъ далъ этимъ формуламъ, не оставляютъ почти сомнѣнія въ ихъ точности. Но тѣмъ болѣе становилась желательной гипотеза, логически допустимая, которая установила бы опредѣленную связь между этими формулами и всей теоріей оптики. Въ теченіе 13 лѣтъ физикамъ не удавалось открыть такую гипотезу. Наконецъ, ее дало разсужденіе, весьма простое, но чрезвычайно неожиданное и оригинальное, по поводу исчезающей волны (l'onde évanescente).

Но, замѣчательное дѣло, идея этой волны возникла почти одновременно въ умахъ четырехъ различныхъ математиковъ, слишкомъ удаленныхъ другъ отъ друга, чтобы они могли обмѣниваться своими мыслями. Коши [1]), первый формулировалъ гипотезу ея въ письмѣ, адресованномъ Амперу въ 1836 году. Въ 1837 году Гринъ [2]) сообщилъ о ней Философскому Обществу въ Кембриджѣ, а въ Германіи Нейманнъ [3]) опубликовалъ ее въ Анналахъ Поггендорфа; наконецъ, отъ 1841 до 1845 года Макъ Куллагъ [4]) сдѣлалъ ее предметомъ трехъ сообщеній, сдѣланныхъ имъ Академіи въ Дублинѣ.

Этотъ примѣръ представляется намъ наиболѣе подходящимъ, чтобы бросить полный свѣтъ на слѣдующее заключеніе, на которомъ мы остановимся. Логика предоставляетъ физику почти полную свободу при выборѣ гипотезы. Но это отсутствіе всякаго руководительства и всякаго правила не должно его смущать, потому что въ дѣйствительности не физикъ самъ выбираетъ гипотезу, которую онъ кладетъ въ основѣ своей теоріи. Онъ въ такой же мѣрѣ не выбираетъ ее, какъ цвѣтокъ не выбираетъ цвѣточной пыли, которая его оплодотворитъ. Онъ ограничивается тѣмъ, что широко открываетъ свой вѣнчикъ вѣтру или насѣкомому, которые принесутъ эту пыль. Точно также физикъ ограничивается тѣмъ, что вниманіемъ и разсужденіемъ онъ подготовляетъ свой умъ къ воспріятію идеи, которая зародится въ его умѣ безъ его помощи. Когда однажды спросили Ньютона, какъ онъ дѣлаетъ открытія, онъ отвѣтилъ: Я постоянно думаю о предметѣ моихъ изслѣдованій и дожидаюсь,

---

[1]) Cauchy: Comptes rendus, t. II, 1836, стр. 364.—Poggendorff's Annalen, Bd. IX, 1836, стр. 39.

[2]) Georges Green: Transactions of the Cambridge Mathematical Society, vol VI, 1838, стр. 403. Mathematical Papers, стр. 231.

[3]) F.—E. Neumann: Poggendorff's Annalen, Bd. X, 1837, стр. 510.

[4]) Mac Cullagh: Proceedings of the Royal Irish Academy, voll. II et III.—Collected Works, стр. 187, 218, 250.

чтобы первые лучи свѣта, медленно и скупо подкрадывающіеся, смѣнились полнымъ и яснымъ свѣтомъ».

Только тогда, когда физикъ начинаетъ ясно видѣть новую гипотезу, полученную, но не выбранную имъ, начинается его свободная и многотрудная работа. Вѣдь, теперь необходимо скомбинировать эту гипотезу съ другими, допущенными уже раньше, вывести изъ нея всѣ послѣдствія, многочисленныя и разнообразныя, самымъ точнымъ образомъ сопоставить ее съ экспериментально установленными законами. Всю эту работу онъ долженъ выполнить быстро и точно. Не отъ него зависитъ постигнуть новую идею, но именно отъ него зависитъ въ значительной части развить эту идею и сдѣлать ее плодотворной.

§ IV.—Объ изложеніи гипотезъ при преподаваніи физики.

И учителю, желающему изложить гипотезы, лежащія въ основѣ физическихъ теорій, логика не даетъ больше указаній, чѣмъ она даетъ ученому изслѣдователю. Она говоритъ ему лишь, что совокупность физическихъ гипотезъ образуетъ систему принциповъ, выводы изъ которыхъ должны представлять совокупность законовъ установленныхъ экспериментаторами. Вслѣдствіе этого изложеніе физики, дѣйствительно логичное, слѣдовало бы начинать съ изложенія всѣхъ гипотезъ, которыми пользуются различныя теоріи, за этимъ должно было бы слѣдовать изложеніе всѣхъ выводовъ изъ этихъ гипотезъ, послѣ чего все это множество выводовъ должно было бы быть поставлено лицомъ къ лицу со множествомъ экспериментальныхъ законовъ, которые оно должно представлять.

Ясно, что такого рода изложеніе физики, единственное—совершенно логичное, абсолютно не осуществимо. Поэтому, никакое преподаваніе физики невозможно признать безупречнымъ съ точки зрѣнія логики. Всякое изложеніе физическихъ теорій представляетъ собою поневолѣ компромиссъ между требованіями логики и интеллектуальными потребностями учащагося.

Учитель, какъ мы уже говорили, можетъ сдѣлать лишь слѣдующее: сформулировавъ прежде всего болѣе или менѣе обширную группу гипотезъ, онъ долженъ сдѣлать изъ нихъ опредѣленный рядъ выводовъ, и затѣмъ незамедлительно сопоставить ихъ съ фактами. Этотъ контроль фактовъ не будетъ, очевидно, вполнѣ убѣдительнымъ;

онъ будетъ предполагать согласіе съ извѣстными допущеніями, вытекающими изъ выводовъ, не сформулированныхъ еще. Учащійся былъ бы смущенъ, безъ сомнѣнія, этими порочными кругами, которые ему бросились бы въ глаза, если бы онъ не былъ должнымъ образомъ предувѣдомленъ объ этомъ заранѣе, если бы онъ не зналъ, что такая попытка подтвержденія формулъ есть дѣло слишкомъ преждевременное, берущее назадъ отсрочки, предоставляемыя строгой логикой всякому примѣненію теоріи.

Пусть, напримѣръ, учитель изложилъ совокупность гипотезъ, лежащихъ въ основѣ общей механики, механики неба и затѣмъ изложилъ извѣстныя главы этихъ двухъ наукъ. Не будетъ же онъ дожидаться изложенія термадинамики, оптики, теоріи электричества и магнитизма, чтобы сопоставить свои теоремы съ различными экспериментальными законами. Но, дѣлая это сопоставленіе, онъ будетъ пользоваться астрономической трубой, будетъ принимать въ соображеніе расширеніе тѣлъ отъ теплоты, будетъ устранять ошибки, обусловленныя электризаціей и намагничиваніемъ; онъ будетъ, слѣдовательно, опираться на теоріи, которыхъ онъ еще не изложилъ. Учащійся, не предувѣдомленный заранѣе, будетъ жаловаться на противорѣчіе. Но онъ перестанетъ удивляться, когда онъ пойметъ, что подтвержденія эти даны ему заранѣе, чтобы возможно скорѣе освѣтить изложенныя ему теоретическія положенія примѣрами, но что эти подтвержденія логически должны быть даны гораздо позже, когда онъ будетъ знакомъ со всей системой теоретической физики.

Эта практическая невозможность изложить систему физики такъ, какъ этого требовала бы строгая логика, эта необходимость извѣстнаго равновѣсія между тѣмъ, чего требуетъ эта логика, и тѣмъ, что можетъ усвоить умъ учащагося, дѣлаетъ преподаваніе этой науки дѣломъ особенно затруднительнымъ. Дѣйствительно, урокъ учителя можетъ быть таковъ, что строго щепетильный логикъ не одобритъ его. Но эта терпимость ограничена извѣстными условіями: учащійся долженъ знать, что урокъ, полученный имъ, не свободенъ ни отъ пробѣловъ, ни отъ утвержденій, еще не провѣренныхъ; онъ долженъ ясно видѣть, гдѣ именно находятся эти пробѣлы и каковы эти утвержденія; необходимо, однимъ словомъ, чтобы полное пробѣловъ и недостаточное преподаваніе, которымъ онъ долженъ довольствоваться, не возбудило въ его умѣ какихъ-нибудь ложныхъ представленій.

Такимъ образомъ, борьба съ ложными представленіями, столь легко зарождающимися при такомъ преподаваніи, должна быть постоянной заботой учителя.

Ни одна гипотеза, взятая въ отдѣльности, ни одна группа гипотезъ, отдѣленная отъ остальной физики, не доступны экспериментальному подтвержденію абсолютно автономному. Нѣтъ того experimentum crucis, который могъ бы рѣшить споръ между двумя гипотезами, взятыми въ отдѣльности. Но учитель не можетъ дожидаться, покуда всѣ гипотезы будутъ изложены и только потомъ нѣкоторыя изъ нихъ подвергнуть контролю наблюденія. Онъ не можетъ отказаться отъ описанія нѣкоторыхъ экспериментовъ, какъ, напримѣръ, опыта Фуко или опыта Отто Винера, въ подтвержденіе одного допущенія и опроверженіе другого допущенія, противоположнаго первому. Но онъ долженъ при этомъ самымъ тщательнымъ образомъ указать, до какихъ предѣловъ контроль, который онъ описываетъ, основывается на теоріяхъ, не изложенныхъ еще, въ какой мѣрѣ экспериментъ, игрующій роль experimentum crucis, предполагаетъ предварительное принятіе множества допущеній, принимаемыхъ на вѣру.

Ни одна система гипотезъ не можетъ быть индуктивно выведена изъ одного только опыта, но индукція можетъ указать какъ бы путь, который приводитъ къ извѣстнымъ гипотезамъ. Позволительно отмѣтить этотъ путь, позволительно, напримѣръ, приступая къ изложенію механики неба, привести къ законамъ Кеплера и показать, какъ переводъ этихъ законовъ на языкъ механики приводитъ къ положеніямъ, которыя сами какъ будто приводятъ къ гипотезѣ всемірнаго тяготѣнія. Но разъ эти положенія получены, необходимо самымъ внимательнымъ образомъ разсмотрѣть, въ какомъ именно пунктѣ они отличаются отъ гипотезы, которую поставили на ихъ мѣсто.

И всякій разъ, когда мы ждемъ отъ экспериментальной индукціи указаній на гипотезу, необходимо въ особенности остерегаться, какъ бы не выдать экспериментъ неосуществимый за экспериментъ совершенный, экспериментъ чисто фиктивный—за экспериментъ осуществимый, въ особенности слѣдуетъ остерегаться, разумѣется, ссылки на экспериментъ абсурдный.

§ V.— *Гипотезы не могутъ быть выведены изъ аксіомъ, полученныхъ обыденнымъ ненаучнымъ знаніемъ.*

Нѣкоторыя изъ разсужденій, часто сопровождающихъ введеніе какой-нибудь физической гипотезы, заслуживаютъ особеннаго нашего вниманія. Очень любимыя многими физиками, разсужденія

эти, если не соблюдать крайнюю осторожность, могутъ быть весьма опасны и чреваты ложными идеями. Мы говоримъ о положеніяхъ, такъ сказать, очевидныхъ, основывающихся на здравомъ смыслѣ.

Случается, что та или другая гипотеза находитъ аналогіи или примѣры въ знаніяхъ обыденнаго, ненаучнаго мышленія. Случается даже, что она представляетъ собой положеніе здраваго смысла, которое анализъ сдѣлалъ *лишь болѣе ясным*ъ *и болѣе* точнымъ. Во всѣхъ случаяхъ подобнаго рода учитель можетъ, конечно, указать на эти сходства между гипотезами, лежащими въ основѣ теоріи и законами, съ которыми насъ знакомитъ обыденный повседневный опытъ; выборъ этихъ гипотезъ тѣмъ самымъ представится разуму тѣмъ естественнѣе и тѣмъ болѣе удовлетворительнымъ.

Но подобнаго рода сходства нуждаются въ самой тщательной провѣркѣ. Очень легко ошибиться относительно реальнаго сходства между положеніемъ здраваго смысла и положеніемъ физической теоріи. Очень часто аналогія въ дѣйствительности оказывается самой поверхностной. Она существуетъ между словами, а не между идеями, и она исчезла бы, если бы, взявъ символическое положеніе, которое формулируетъ теорія, мы перевели бы его на языкъ фактовъ, если бы каждое выраженіе, употребленное въ этомъ положеніи, преобразовать такъ, какъ это совѣтуетъ Паскаль, т. е. замѣнить опредѣленіе опредѣляемымъ. Если все это сдѣлать, можно тогда увидѣть, въ какомъ именно пунктѣ сходство между двумя положеніями оказывается въ дѣйствительности искусственнымъ и чисто словеснымъ.

Нездоровыя вульгаризаціи науки, которыми упиваются наши современники, представляютъ собой не истинную, а фальсифицированную науку. Вы здѣсь часто встрѣтите разсужденія объ энергіи, основанныя на предпосылкахъ, такъ сказать, интуитивныхъ. Въ большинствѣ случаевъ предпосылки эти—настоящіе каламбуры, основанные на двойственномъ значеніи слова энергія. Вы здѣсь встрѣтите сужденія, въ которыхъ слово энергія, правильное въ повседневномъ смыслѣ этого слова, употребляемое въ томъ смыслѣ, въ которомъ говорятъ, что пересѣченіе Африки стоило спутникамъ Маршана много энергіи, употребляется въ болѣе широкомъ значеніи, въ томъ значеніи, которое ему придаетъ термодинамика: какъ функціи состоянія системы, полный дифференціалъ которой, при каждой элементарной модификаціи, равенъ избытку внѣшней работы въ сравненіи съ освободившейся теплотой.

Недавно еще люди, которымъ нравилась эта фальсифициро-

ванная наука, плакались на то, что принципъ возрастанія энтропіи гораздо болѣе сложенъ и труднѣе поддается пониманію, чѣмъ принципъ сохраненія энергіи. А между тѣмъ оба принципа требуютъ отъ математика совершенно сходныхъ вычисленій. Но терминъ энтропія имѣетъ одинъ только смыслъ— тотъ, который придаетъ ему физикъ; на языкѣ повседневной рѣчи онъ неизвѣстенъ, а потому и нѣтъ мѣста двусмысленностямъ. Съ недавняго времени эти сожалѣнія по поводу того, что второй принципъ термодинамики остается столь темнымъ, исчезли. Въ настоящее время и онъ считается яснымъ и общепонятнымъ. Почему же это? Потому что измѣнилось его названіе. Въ настоящее время онъ носитъ названіе принципа разсѣянія или деградаціи энергіи. Тѣ, которые, не будучи физиками, хотятъ ими казаться, тоже понимаютъ эти слова. Правда, они приписываютъ имъ смыслъ, ничего общаго не имѣющій съ тѣмъ, который придаютъ ему физики. Но какое имъ до этого дѣло? Открыты настежь двери для спеціальныхъ изслѣдованій, выдаваемыхъ за серьезное разсужденіе, когда они на самомъ дѣлѣ основаны лишь на игрѣ словъ. Но это какъ разъ то, что имъ было желательно.

Стоитъ, однако, вспомнить драгоцѣнное правило Паскаля, чтобы эти лживыя аналогіи разсѣялись, какъ миражъ предъ хорошимъ порывомъ вѣтра.

Люди, претендующіе у здраваго смысла заимствовать гипотезы, которыя должны быть положены въ основу теоріи, могутъ пасть жертвой другой еще иллюзіи.

Арсеналъ здраваго смысла, это не кладъ какой-нибудь, зарытый въ землю, куда ни одна монета не можетъ быть болѣе прибавлена. Нѣтъ, это—капиталъ весьма многолюднаго и чрезвычайно дѣятельнаго общества, характерный для всего человѣчества. Изъ вѣка въ вѣкъ этотъ капиталъ преобразовывается и возрастаетъ. Въ эти преобразованія, въ этотъ ростъ капитала, теоретическая наука вноситъ свою значительную лепту. Не переставая, она разсѣивается, распространяется въ преподаваніи, въ разговорахъ, при посредствѣ книгъ и повременныхъ изданій. Она проникаетъ до самой основы вульгарнаго, ненаучнаго знанія. Она пробуждаетъ вниманіе къ явленіямъ, которыя до сихъ поръ оставались безъ вниманія; она научаетъ это вульгарное знаніе анализировать эти понятія, которыя до тѣхъ поръ оставались спутанными и неясными. Этимъ она обогащаетъ наслѣдіе общепринятыхъ истинъ, принадлежавшее всему человѣчеству или, по крайней мѣрѣ, той части его, которая

достигла извѣстной ступени духовной культуры. И вотъ, когда является затѣмъ учитель, желающій изложить какую нибудь физическую теорію, онъ находитъ среди истинъ здраваго смысла положенія, удивительно пригодныя для подтвержденія его гипотезъ. Ему кажется, что онъ вывелъ эти гипотезы изъ самыхъ основныхъ, самыхъ обязательныхъ требованій нашего разума, что онъ *вывелъ* ихъ изъ самыхъ подлинныхъ *аксіомъ*. Въ дѣйствительности же онъ заимствовалъ лишь изъ фонда общихъ знаній, чтобы построить теоретическую науку, цѣнности, которыя сама теоретическая наука внесла въ этотъ фондъ.

Не мало примѣровъ этой грубой ошибки, этого порочнаго круга мы могли бы найти у многихъ авторовъ, излагающихъ принципы механики. Приведемъ одинъ такой примѣръ, который мы нашли у Эйлера, но то, что мы скажемъ о разсужденіяхъ этого великаго математика, мы могли бы повторить и о множествѣ сочиненій авторовъ, болѣе близкихъ нашему времени.

«Въ первой главѣ, говоритъ Эйлеръ [1]), я излагаю общіе законы природы, которымъ подчинено свободное тѣло, свободное отъ воздѣйствія какой бы то ни было силы. Если такое тѣло находится въ состояніи покоя, оно сохранитъ это состояніе вѣчно; если оно находится въ движеніи, оно будетъ двигаться вѣчно по прямой линіи и съ постоянной скоростью. Эти два закона могутъ быть соединены въ одинъ подъ именемъ закона сохраненія состоянія. Отсюда слѣдуетъ, что сохраненіе своего состоянія есть существенное свойство всѣхъ тѣлъ и что всѣ тѣла обладаютъ силой или способностью постоянно сохранять свое состояніе—силой, которая есть ничто иное, какъ сила инерціи... Такъ какъ всякое тѣло по самой природѣ своей постоянно сохраняетъ одно и то же состояніе, будь то состояніе покоя, или состояніе движенія, то отсюда ясно, что если тѣло перестаетъ слѣдовать этому закону, если оно движется неравномѣрнымъ движеніемъ, или не по прямой линіи, то это слѣдуетъ приписать дѣйствію внѣшнихъ силъ... Таковы истинные принципы механики, при посредствѣ которыхъ мы должны объяснять все, что касается измѣненія движенія. Такъ какъ до сихъ поръ эти принципы были установлены весьма неосновательно, я изложилъ ихъ такъ, что они представляются не только достовѣрными, но безусловно истинными.

---

[1]) Leonhardi Euleri Mechanica sive motus scientia, analytice exposita, Petropoli, 1736; t. I, Praefatio.

Читая дальше работу Эйлера, мы натыкаемся въ началѣ второй главы на слѣдующія строки:

«Опредѣленіе: сила есть то, что приводитъ покоющееся тѣло въ движеніе или измѣняетъ движеніе тѣла, находящагося уже въ движеніи. Тяжесть есть сила такого рода. Дѣйствительно, если нѣтъ никакихъ препятствій, она выводитъ тѣло изъ состоянія покоя и заставляетъ его падать со скоростью, постоянно возрастающей.

«Слѣдствіе: всякое тѣло, предоставленное самому себѣ, остается въ покоѣ или движется прямолинейно и равномѣрно. Всякій же разъ, когда свободное тѣло, находящееся въ состояніи покоя, приходитъ въ движеніе, или движущееся тѣло начинаетъ двигаться неравномѣрно или непрямолинейно, то причина этого должна быть приписана дѣйствію извѣстной силы; ибо то, что въ состояніи измѣнять движеніе тѣла, мы называемъ силой».

Мы находимъ у Эйлера въ качествѣ опредѣленія слѣдующую фразу: «сила есть то, что приводитъ покоющееся тѣло въ движеніе или измѣняетъ движеніе тѣла, находящагося уже въ движеніи». Какъ это слѣдуетъ понимать? Хочетъ ли Эйлеръ лишить слово сила всего прежняго его значенія и дать ему простое опредѣленіе, ничѣмъ произвольно не ограниченное? Въ этомъ случаѣ выводъ, который онъ сдѣлалъ, съ точки зрѣнія логики безупреченъ. Но это было бы лишь простой конструкціей силлогизмовъ, не имѣющей никакого касательства къ реальной дѣйствительности. Но, вѣдь, не этого добивался Эйлеръ. Ясно, что, произнося приведенную нами выше фразу, Эйлеръ употреблялъ слово сила въ обыкновенномъ, а не научномъ смыслѣ. Доказательствомъ служитъ примѣръ тяжести, который онъ сейчасъ же приводитъ. Именно употребляя слово сила не въ новомъ и произвольно имъ установленномъ смыслѣ, а въ томъ смыслѣ, въ которомъ его употребляютъ всѣ люди, Эйлеръ можетъ заимствовать у своихъ предшественниковъ, и именно у Вариньона, теоремы статики, которыми онъ пользуется.

Опредѣленіе это есть, однако, не опредѣленіе слова, а опредѣленіе сути дѣла. Употребляя слово сила въ общепринятомъ смыслѣ, Эйлеръ предполагаетъ отмѣтить существенный признакъ силы, признакъ, изъ котораго будутъ выведены всѣ другія ея свойства. Приведенная нами выше фраза есть не столько опредѣленіе, сколько положеніе, которое Эйлеръ считаетъ очевиднымъ, т. е. аксіома. Вотъ эта аксіома, вмѣстѣ съ другими аналогич-

ными аксіомами, позволитъ ему доказать, что законы механики не только истинны, но и логически необходимы.

Но дѣйствительно ли очевидно, дѣйствительно ли ясно, если руководствоваться однимъ здравымъ смысломъ, что тѣло, свободное отъ воздѣйствія какой бы то ни было силы, должно двигаться вѣчно по прямой линіи и съ постоянной скоростью? что тѣло подверженное постоянному дѣйствію тяжести, падаетъ со скоростью, постоянно возрастающей? Вовсе нѣтъ. Напротивъ, взгляды подобнаго рода слишкомъ чужды ненаучному знанію. Для развитія ихъ оказались необходимыми совокупныя усилія всѣхъ геніевъ, работавшихъ въ области динамики на протяженіи 2.000 лѣтъ [1]).

Чему насъ учитъ повседневный опытъ? Повозка безъ лошади остается неподвижной. Приводитъ ее въ движеніе съ постоянной скоростью только лошадь, непрерывно тратящая на это свои силы. Если хотятъ, чтобы повозка двигалась быстрѣе, необходимо, чтобы лошадь тратила больше силъ, или необходимо впречь еще одну. Какъ же мы выразимъ то, чему насъ учатъ такого рода наблюденія касательно силы? Мы можемъ сформулировать слѣдующія положенія:

Тѣло, на которое не дѣйствуетъ никакая сила, остается неподвижнымъ.

Тѣло, подверженное дѣйствію постоянной силы, движется съ постоянной скоростью.

Съ увеличеніемъ силы, приводящей тѣло въ движеніе, возрастаетъ и скорость движенія этого тѣла.

Вотъ каковы признаки, которые здравый смыслъ приписываетъ силѣ, вотъ каковы гипотезы, которыя должны быть положены въ основу динамики, если захотѣть обосновать эту науку на данныхъ, очевидныхъ для здраваго смысла.

Но именно эти признаки и приписывалъ Аристотель [2]) тому, что онъ называлъ δύαμις или ἰσχύς. Эта динамика есть динамика мудреца изъ Тагира. Если въ этой динамикѣ констатируется, что паденіе тяжелыхъ тѣлъ есть движеніе неравномѣрное, то отсюда дѣлается не тотъ выводъ, что тяжелыя тѣла находятся подъ дѣй-

---

[1]) E. Wohlwill: Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes (Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft, Bd. XIV et. Bd. XV 1883—1884). P. Duhem: De l'accélération produite par une force constante (Congrès d'Histoire des Sciences; Genève, 1904).

[2]) Aristoteles: Φυσικῆς ακροάσεως H,ε.—Περὶ Οὐρανοῦ T,ϑ.

ствіемъ постоянной силы, а тотъ, что вѣсъ ихъ по мѣрѣ паденія возрастаетъ.

Впрочемъ, принципы динамики перипатетиковъ казались столь несомнѣнными, корни ихъ были такъ глубоко заложены въ твердую почву знаній здраваго смысла, что для того, чтобы совершенно вырвать ихъ, чтобы дать возможность вырасти на ихъ мѣсто тѣмъ гипотезамъ, которымъ Эйлеръ приписываетъ непосредственную очевидность, потребовались усилія самыя продолжительныя, самыя настойчивыя, какія только знаетъ исторія человѣческаго духа, потребовалось, чтобы Александръ изъ Афродизіаза, Ѳемистіусъ, Симплиціусъ, Albert de Saxe, Николай Кузанскій, Леонардо да Винчи, Кардано, Тарталеа, Юлій Цезарь Скалигеръ, Жанъ Баптистъ Бенедетти подготовили почву для Галилея, Декарта, Беккмана и Гассенди.

Такъ и положенія, которыя Эйлеръ разсматриваетъ, какъ очевидныя аксіомы, и на которыхъ онъ хочетъ обосновать свою динамику, не только истинную, но и логически необходимую, въ дѣйствительности представляютъ собою положенія, съ которыми насъ познакомила одна динамика и которыми она очень медленно, съ большимъ трудомъ, замѣнила очевидныя какъ будто, но въ дѣйствительности ложныя положенія здраваго смысла.

Изъ этого порочнаго круга, въ которомъ вращается дедукція Эйлера, не могутъ выйти и тѣ, которые надѣются подтвердить гипотезы, лежащія въ основѣ физической теоріи, при помощи общепризнанныхъ аксіомъ: вѣдь, аксіомы эти выведены изъ тѣхъ самыхъ законовъ, которые они хотятъ изъ нихъ вывести [1]).

Поэтому, тѣшитъ себя полнѣйшей иллюзіей человѣкъ, который хочетъ поученія здраваго смысла положить въ основу гипотезъ, на которыхъ должна быть построена теоретическая физика. Идя этимъ путемъ, человѣкъ долженъ придти не къ динамикѣ Декарта и Ньютона, а къ динамикѣ Аристотеля.

Мы вовсе не хотимъ сказать, что поученія здраваго смысла не въ высокой степени истинны, въ высокой степени достовѣрны. Въ высокой степени вѣрно, въ высокой степени достовѣрно то, что повозка, въ которую не впряжена лошадь, не можетъ двигаться, что при двухъ лошадяхъ она будетъ двигаться быстрѣе,

[1]) Читатель могъ бы сопоставить сказанное нами съ критикой, которую онъ найдетъ у Э. Маха, разсужденія Даніэля Бернулли въ подтвержденіе правила параллелограмма силъ (см. Э. Махъ, Механика, историко-критическій очеркъ ея развитія. Переводъ Г. А. Котляра, стр. 45).

чѣмъ при одной. Мы говорили уже въ нѣсколькихъ другихъ мѣстахъ: истинныя и достовѣрныя положенія здраваго смысла суть въ последнемъ счетѣ источникъ всякой истины и всякой достовѣрности научной. Но мы говорили также и то, что наблюденія здраваго смысла тѣмъ болѣе достовѣрны, чѣмъ менѣе они детальны, чѣмъ менѣе они гонятся за точностью. Законы здраваго смысла въ высокой степени истинны, но при томъ лишь опредѣленномъ условіи, если общіе термины, между которыми они устанавливаютъ связь, принадлежатъ къ тѣмъ произвольнымъ и естественнымъ абстракціямъ конкретнаго, къ тѣмъ непроанализированнымъ абстракціямъ, взятымъ en block, къ которымъ принадлежитъ общая идея повозки или общая идея лошади.

Грубое заблужденіе брать законы, связывающіе идеи, столь сложныя, столь богатыя содержаніемъ и столь мало анализированныя, и пытаться непосредственно переводить ихъ на языкъ математики, выражать ихъ въ символическихъ формахъ, представляющихъ плодъ упрощенія и анализа, доведенныхъ до крайности. Вѣдь, это чистая иллюзія брать идею постоянной движущей силой, какъ эквивалентъ идеи лошади, идею абсолютно свободнаго движенія—эквивалентной идеѣ повозки. Законы здраваго смысла суть сужденія касательно общихъ идей, крайне сложныхъ идей, которыя намъ понятны на основѣ нашихъ повседневныхъ наблюденій. Гипотезы же физики суть отношенія между математическими символами, до величайшей степени упрощенными. Нелѣпо не замѣчать величайшей разницы между положеніями этихъ двухъ родовъ; нелѣпо думать, что вторыя связаны съ первыми, какъ слѣдствіе со своей теоремой.

Нѣтъ, долженъ существовать обратный переходъ—переходъ отъ гипотезъ физики къ законамъ здраваго смысла. Изъ системы простыхъ гипотезъ, служащихъ основаніемъ для физическихъ теорій, могутъ быть выведены болѣе или менѣе отдаленныя последствія и эти послѣднія могутъ дать схематическое описаніе законовъ, представляющихъ результатъ повседневнаго опыта. Чѣмъ болѣе совершенны будутъ теоріи, тѣмъ это описаніе будетъ сложнѣе. И тѣмъ не менѣе повседневныя наблюденія, изображеніемъ которыхъ это описаніе должно быть, всегда окажутся безконечно сложнѣе. Мы не только не можемъ вывести динамику изъ законовъ, установленныхъ здравымъ смысломъ на основаніи наблюденій повозки, приводимой въ движеніе лошадью, но, напротивъ того, всѣ вспомогательныя средства динамики оказываются едва

достаточными для того, чтобы дать намъ весьма упрощенное изображеніе движенія этой повозки.

Намѣреніе вывести изъ знаній здраваго смысла доказательство гипотезъ, лежащихъ въ основѣ физическихъ теорій, обязано своимъ происхожденіемъ желанію построить физику на подобіе геометріи. Дѣйствительно, аксіомы, изъ которыхъ выведена со столь строгой правильностью наука геометріи, вопросы, которые Эвклидъ формулируетъ въ началѣ своихъ Элементовъ, суть положенія, за которыми здравый смыслъ признаетъ очевидную истинность. Но мы видѣли уже выше въ нѣсколькихъ мѣстахъ, въ какой мѣрѣ опасно устанавливать связь между методомъ математическимъ и методомъ, которымъ пользуются теоріи физическія, сколь глубокое различіе между этими двумя методами скрывается подъ этимъ сходствомъ, совершенно внѣшнимъ, обязаннымъ своимъ происхожденіемъ тому, что физика пользуется языкомъ математики. Тѣмъ не менѣе намъ необходимо здѣсь снова вернуться къ этому различію.

Абстрактныя и общія идеи, зарождающіяся въ нашемъ умѣ подъ дѣйствіемъ нашихъ воспріятій, представляютъ собой въ большинствѣ своемъ концепціи сложныя и неанализированныя. Но есть среди нихъ и такія, которыя безъ особаго труда могутъ оказаться ясными и простыми; это тѣ различныя идеи, которыя группируются вокругъ понятій числа и фигуры. Повседневный опытъ побуждаетъ насъ связать эти идеи законами, съ одной стороны обладающими непосредственной достовѣрностью сужденій здраваго смысла, а съ другой стороны — величайшей ясностью и точностью. Вслѣдствіе этого получилась возможность превратить извѣстное число такихъ сужденій въ предпосылки для дедукцій, въ которыхъ неоспоримая истинность обыденнаго знанія оказывается неразрывно связанной съ совершенной ясностью ряда умозаключеній. Такъ были созданы ариѳметика и геометрія.

Но науки математическія суть науки совершенно исключительныя. Только имъ однѣмъ выпалъ счастливый удѣлъ—имѣть предметомъ свои идеи, получаемыя изъ повседневныхъ нашихъ воспріятій одной только работой абстракціи и обобщенія и тѣмъ не менѣе оказывающіяся сейчасъ же ясными, чистыми и простыми.

Это счастіе не выпало въ удѣлъ физики. Ея понятія безконечно спутаны и сложны и изученіе ихъ предполагаетъ долгую и кропотливую работу анализа. Геніальные умы, создавшіе теоретическую физику, понимали, что для того, чтобы ввести въ эту работу ко-

рядокъ и ясность, необходимо заимствовать эти качества у единственныхъ наукъ, которыя по природѣ своей были упорядочены и ясны, именно у наукъ математическихъ. Но не въ ихъ силахъ было добиться того, чтобы ясность и порядокъ такимъ же непосредственнымъ образомъ соединились съ достовѣрностью и въ физикѣ, какъ они были соединены въ ариѳметикѣ и геометріи. Все, что они могли сдѣлать, это обратиться къ кучѣ законовъ, полученныхъ непосредственнымъ наблюденіемъ, законовъ спутанныхъ, сложныхъ и совершенно неупорядоченныхъ, но обладавшихъ непосредственной достовѣрностью, и дать символическое описаніе ихъ, описаніе удивительно ясное и упорядоченное, но о которомъ за то нельзя прямо сказать, что оно истинное.

Въ области законовъ, установленныхъ наблюденіемъ, властвуетъ здравый смыслъ. Въ предѣлахъ естественныхъ средствъ нашихъ воспріятій и сужденій о нашихъ воспріятіяхъ онъ одинъ рѣшаетъ, что истинно и что ложно. Другое дѣло—область схематическаго описанія: здѣсь математическій выводъ—самодержавный властелинъ. Все должно подчиниться правиламъ, имъ устанавливаемымъ. Но между этими двумя областями существуетъ постоянный обмѣнъ положеніями и идеями. Теорія обращается къ наблюденію, когда ей нужно какое-нибудь изъ своихъ послѣдствій подвергнуть контролю фактовъ. Наблюденіе внушаетъ теоріи видоизмѣнить ту или другую гипотезу, уже устарѣвшую, или возвѣстить гипотезу новую. Въ области же промежуточной, раздѣляющей тѣ двѣ, обезпечивающей сообщеніе между наблюденіями теоріи, здравый смыслъ и математическая логика конкуррирують изъ-за вліянія и смѣшивають въ самую безпорядочную кучу процессы, которые ихъ характеризують.

Это двойное движеніе, которое одно только даетъ возможность физикѣ соединить достовѣрность фактовъ, констатируемыхъ здравымъ смысломъ, съ ясностью математическихъ выводовъ, было слѣдующимъ образомъ охарактеризовано у Эдуарда ле Руа [1]).

«Однимъ словомъ, необходимость и истина суть два самыхъ крайнихъ полюса науки. Но эти два полюса не совпадаютъ никогда; они - то же, что красный и фіолетовый цвѣтъ въ спектрѣ. Въ непрерывномъ же ряду отъ одной къ другой, въ этой единственной реальности, дѣйствительно нами переживаемой, истина и необходимость измѣняются въ обратно пропорціальномъ направле-

---

[1]) Edouard le Roy: Sur quelques objections adressées à la nouwelle philosophie. (Revue de Métaphysique et de Morale, 1901, стр. 319).

ніи, въ зависимости отъ того, къ какому полюсу мы обращаемся... Когда мы движемся въ направленіи къ необходимости, мы обращаемся спиной къ истинѣ, мы работаемъ надъ тѣмъ, чтобы изгнать все, что есть опытъ и интуиція, мы стремимся къ схематизму, къ чисто логическому разсужденію, къ формальной игрѣ символовъ, безъ всякаго обозначенія. Чтобы добраться до истины, намъ приходится выбрать какъ разъ обратный путь: изображеніе, качество, конкретное—все это вступаетъ въ свои права, и основывающаяся на разсужденіяхъ, необходимость постепенно уступаетъ мѣсто живой случайности. И въ результатѣ, не однѣми тѣми своими сторонами наука и необходима и истинна, не однѣми и тѣми она и строго правильна и объективна».

Употребленные здѣсь термины слишкомъ, можетъ быть, опредѣленны, вслѣдствіе чего нѣсколько преувеличивается и самая мысль автора. Во всякомъ случаѣ, для того, чтобы вѣрно выразить нашу мысль, будетъ достаточно замѣнить слова строгость, необходимость, которыя мы находимъ у Ле Руа, словами порядокъ и ясность.

Будетъ, поэтому, вполнѣ правильно заявить, что физическая наука имѣетъ два источника: одинъ—источникъ достовѣрности—здравый смыслъ; другой—источникъ ясности—математическій выводъ. И физическая наука и достовѣрна и ясна потому, что рѣки, изливающіяся изъ этихъ источниковъ, встрѣчаются и смѣшиваютъ свои воды.

Въ геометріи ясное знаніе, созданное дедуктивной логикой, и достовѣрное знаніе, обязанное своимъ происхожденіемъ здравому смыслу, такъ близко соприкасаются между собою, что совсѣмъ незамѣтна область, въ которой они смѣшиваются, гдѣ одновременно и наперерывъ примѣняются всѣ средства нашего познанія. Вотъ почему математикъ, занимаясь вопросами и физическими, слишкомъ склоненъ забывать о существованіи этой области, вотъ почемъ онъ хочетъ построить физику, подобно своей наукѣ, находящейся въ преимущественномъ положеніи, на аксіомахъ, непосредственно выведенныхъ изъ обыденнаго знанія. Но онъ здѣсь стремится къ идеалу, который Эрнстъ Махъ [1]) вполнѣ правильно назвалъ ложной строгостью, и сильно рискуетъ добиться лишь доказательствъ,

[1]) Э. Махъ. Механика, Историко-критическій очеркъ ея развитія. Переводъ Г. А. Котляра, стр. 70.

въ которыхъ одно ложное заключеніе и одно petitio principii смѣняются другими.

§ VI.—Значеніе историческаго метода въ физикѣ.

Какимъ образомъ преподаватель физики предохранитъ своихъ учениковъ отъ опасности такого метода. Какъ онъ научитъ ихъ охватить однимъ взглядомъ огромное разстояніе, отдѣляющее область повседневнаго опыта, гдѣ господствуютъ законы здраваго смысла, отъ области теоретической, упорядоченной по яснымъ принципамъ? Какъ онъ научитъ ихъ прослѣдить двойной путь, которымъ устанавливается непрерывная взаимная связь между этими двумя областями: между эмпирическимъ знаніемъ, которое, будучи лишено теоріи, превратило бы физику въ безплодный матеріалъ, и математической теоріей, которая, будучи отдѣлена отъ данныхъ наблюденія, будучи лишена свидѣтельства нашихъ чувствъ, дала бы наукѣ лишь одну безсодержательную форму?

Но зачѣмъ намъ мысленно разбирать этотъ методъ во всѣхъ его частяхъ? Не имѣемъ ли передъ нашими глазами учащагося, который въ дѣтствѣ не зналъ никакихъ физическихъ теорій, а въ зрѣломъ возрастѣ зналъ всѣ гипотезы, лежащія въ основѣ этихъ теорій? Этотъ учащійся, періодъ обученія котораго растянулся на тысячелѣтія, есть человѣчество. Почему бы намъ не сдѣлать такъ, чтобы интеллектуальное развитіе каждаго человѣка напоминало прогрессъ, въ процессѣ котораго образовалась человѣческая наука? Почему бы намъ не подготовлять введеніе каждой гипотезы въ преподаваніе, суммарнымъ, но вѣрнымъ изложеніемъ судебъ ея до введенія ея въ науку.

Законный, вѣрный, плодотворный методъ для подготовленія ума къ воспріятію физической гипотезы, это — методъ историческій. Описать превращенія, въ процессѣ которыхъ эмпирическій матеріалъ наросталъ, а теоретическая форма вырисовывалась все сильнѣе и сильнѣе; описать долголѣтнюю совмѣстную работу здраваго смысла и дедуктивной логики, работу анализа этого матеріала и выработки этой формы, работу все болѣе и болѣе точнаго приспособленія ихъ другъ къ другу — таково лучшее, можно сказать, единственное средство для того, чтобы дать изучающимъ физику вѣрное и ясное представленіе объ организаціи—столь сложной и живой—этой науки.

Само собою разумѣется, что совершенно невозможно шагъ за

шагомъ прослѣдить медленное, ощупью, движеніе впередъ, которымъ умъ человѣческій пришелъ къ ясному взгляду на тотъ или другой физическій принципъ,—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія. Для этого потребовалось бы слишкомъ много времени. Изложеніе развитія гипотезы въ курсѣ физики должно быть сокращенное и сгущенное; оно должно быть сокращено въ томъ же отношеніи, какое существуетъ между продолжительностью обученія человѣка и продолжительностью развитія науки. Это—такого же рода сокращенія, при помощи которыхъ превращенія живого существа отъ зародыша до взрослаго состоянія воспроизводятъ линію—реальную или идеальную—устанавливающую связь между этимъ существомъ и первымъ родоначальникомъ живыхъ существъ.

Впрочемъ, такое сокращеніе почти всегда дѣло не трудное, если только оставить въ сторонѣ все случайное—*имя автора*, *дату открытія*, эпизодъ или анекдотъ — и держаться исключительно фактовъ историческихъ, существенныхъ въ глазахъ физика, только тѣхъ случаевъ, въ которыхъ теорія обогащалась новымъ принципомъ, въ которыхъ была устранена та или другая ошибка, была разъяснена та или другая неясность.

Эта важная роль, какую играетъ въ преподаваніи физики исторія методовъ, *которыми были* сдѣланы тѣ или другія открытія, является новымъ доказательствомъ того крайняго различія, которое существуетъ между физикой и геометріей.

Въ геометріи, гдѣ ясность дедуктивнаго метода спаяна, такъ сказать, непосредственно съ очевидными положеніями здраваго смысла, преподаваніе можетъ вести путемъ чисто логическимъ. Достаточно изложить какой нибудь постулатъ, чтобы учащійся сейчасъ же постигъ данныя обыденныхъ нашихъ знаній, нашедшія обобщеніе въ такомъ сужденіи. Для этого вовсе не нужно знать пути, которыми этотъ постулатъ попалъ въ науку. Исторія математики представляетъ, безъ сомнѣнія, большой интересъ, но она вовсе не существенно необходима для пониманія математики.

Въ физикѣ дѣло обстоитъ иначе. Здѣсь, какъ мы видѣли уже выше, преподаваніе не можетъ вестись исключительно путемъ логическимъ. Поэтому, единственное средство установить связь между формальными сужденіями теоріи и матеріаломъ фактовъ, которые эти сужденія должны выразить (безъ незамѣтнаго проникновенія сюда идей ложныхъ) это—подтверждать каждую существенную гипотезу изложеніемъ ея исторіи.

Изложить исторію какого нибудь физическаго принципа значитъ

вмѣстѣ съ тѣмъ сдѣлать его логическій анализъ. Критика интеллектуальныхъ методовъ, которыми пользуется физика, неразрывно связана съ изложеніемъ постепеннаго развитія, въ процессѣ котораго дедукція усовершенствовала теорію, дѣлая ее изображеніемъ установленныхъ наблюденіемъ законовъ, все болѣе и болѣе точнымъ, все болѣе и болѣе упорядоченнымъ.

Кромѣ того, одна только исторія науки можетъ оградить физика и отъ нелѣпой амбиціи догматизма, и отъ отчаянія пирронизма.

Знакомя его съ длиннымъ рядомъ заблужденій и сомнѣній, предшествовавшихъ открытію каждаго принципа, она предостерегаетъ его отъ положеній ложныхъ, но съ виду какъ будто бы очевидныхъ. Напоминая ему судьбы различныхъ космологическихъ школъ, извлекая изъ леты забвенія доктрины, когда то владѣвшія умами, она напоминаетъ ему, что самыя заманчивыя системы суть не болѣе какъ временныя описанія, а не окончательныя объясненія.

Съ другой же стороны, рисуя передъ нимъ непрерывную традицію, благодаря которой наука каждой эпохи питается соками системъ прошлыхъ вѣковъ и служитъ залогомъ жизни науки будущаго; разсказывая ему о предсказаніяхъ, формулированныхъ теоріей и осуществленныхъ опытомъ, она создаетъ и укрѣпляетъ въ немъ убѣжденіе въ томъ, что физическая теорія не есть система чисто искусственная, сегодня пригодная, но завтра негодная, а что она есть классификація все болѣе и болѣе естественная, все болѣе и болѣе ясное отраженіе реальностей, которыхъ экспериментальный методъ не можетъ разсматривать лицомъ къ лицу.

Всякій разъ, когда физику грозитъ опасность совершить какую нибудь неправильность, изученіе исторіи направляетъ его на истинный путь. Исторія могла бы опредѣлить роль, которую она играетъ въ отношеніи физика, въ слѣдующихъ словахъ Паскаля: *) «Когда онъ слишкомъ превозноситъ себя, я принижаю его; когда онъ слишкомъ себя унижаетъ, я превозношу его». Такъ она удерживаетъ его въ томъ состояніи полнаго равновѣсія, въ которомъ онъ можетъ здраво судить о цѣли и строеніи физической теоріи.

---

*) Pascal: Pensées. Edition Havet art. 8.

Оглавленіе.

стр.

Глава третья.

Описательныя теоріи и исторія физики.

Глава четвертая.

Абстрактныя теоріи и механическія модели.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

Глава первая.

Количество и качество.

Глава вторая.

Первичныя качества.

Глава третья.

Математическая дедукція и физическая теорія.

Глава четвертая.

Физическій опытъ.

Глава пятая.

Физическій законъ.

стр.

Глава шестая.

Физическая теорія и экспериментъ.

Глава седьмая.

Выборъ гипотезъ.

Представляем Вам наши лучшие книги:



Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»

Пенроуз Р. **НОВЫЙ УМ КОРОЛЯ. О компьютерах, мышлении и законах физики.** Пер. с англ.

Хакен Г. **Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам.** Пер. с англ.

Безручко Б. П. и др. **Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях.**

Данилов Ю. А. **Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение.**

Князева Е. Н., Курдюмов С. П. **Основания синергетики.** Кн. 1, 2.

Климонтович Ю. Л. **Турбулентное движение и структура хаоса.**

Трубецков Д. И. **Введение в синергетику.** В 2 кн.: **Колебания и волны; Хаос и структуры.**

Арнольд В. И. **Теория катастроф.**

Малинецкий Г. Г. **Математические основы синергетики.**

Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. **Нелинейная динамика и хаос: основные понятия.**

Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б., Подлазов А. В. **Нелинейная динамика.**

Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. **Синергетика и прогнозы будущего.**

Малинецкий Г. Г. (ред.) **Будущее России в зеркале синергетики.**

Быков В. И. **Моделирование критических явлений в химической кинетике.**

Чумаченко Е. Н. и др. **Сверхпластичность: материалы, теория, технологии.**

Редько В. Г. **Эволюция, нейронные сети, интеллект.**

Чернавский Д. С. **Синергетика и информация (динамическая теория информации).**

Баранцев Р. Г. **Синергетика в современном естествознании.**

Баранцев Р. Г. и др. **Асимптотическая математика и синергетика.**

Турчин П. В. **Историческая динамика. На пути к теоретической истории.**

Котов Ю. Б. **Новые математические подходы к задачам медицинской диагностики.**

Гельфанд И. М. и др. **Очерки о совместной работе математиков и врачей.**

Пригожин И. **Неравновесная статистическая механика.**

Пригожин И. **От существующего к возникающему.**

Пригожин И., Стенгерс И. **Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени.**

Пригожин И., Стенгерс И. **Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой.**

Пригожин И., Николис Г. **Познание сложного. Введение.**

Пригожин И., Гленсдорф П. **Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций.**

Суздалев И. П. **Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.**

Тел./факс:
(495) 135-42-46,
(495) 135-42-16,

E-mail:
URSS@URSS.ru

http://URSS.ru

Наши книги можно приобрести в магазинах:

«Библио-Глобус» (м. Лубянка, ул. Мясницкая, 6. Тел. (495) 625-2457)
«Московский дом книги» (м. Арбатская, ул. Новый Арбат, 8. Тел. (495) 203-8242)
«Молодая гвардия» (м. Полянка, ул. Б. Полянка, 28. Тел. (495) 238-5001, 780-3370)
«Дом научно-технической книги» (Ленинский пр-т, 40. Тел. (495) 137-6019)
«Дом книги на Ладожской» (м. Бауманская, ул. Ладожская, 8, стр. 1. Тел. 267-0302)
«Гнозис» (м. Университет, 1 гум. корпус МГУ, комн. 141. Тел. (495) 939-4713)
«У Кентавра» (РГГУ) (м. Новослободская, ул. Чаянова, 15. Тел. (499) 973-4301)
«СПб. дом книги» (Невский пр., 28. Тел. (812) 311-3954)

Пьер ДЮГЕМ (1861–1916)



Известный французский физик-теоретик, историк и философ науки. Родился в Париже. Окончил колледж, затем Нормальную школу. В 1887–1893 гг. работал в Лилле. С 1894 г. — профессор теоретической физики университета Бордо. В 1900 г. был избран членом-корреспондентом, а в 1913 г. — действительным членом Французской академии наук. Автор около 400 научных работ, в том числе 22 книг.

В область научных интересов П. Дюгема входили термодинамика, гидродинамика, теория упругости, магнетизм, история и философия естествознания. Он ввел понятия термодинамических потенциалов (1886) и скорости производства энтропии (1911), вывел уравнение изотермы химической реакции. Как историк естествознания, П. Дюгем преувеличивал роль науки в средние века, смягчал реакционную роль церкви и теологии в развитии средневековой науки, что не помешало ему занять высокое место в этой области. Взгляды П. Дюгема как философа науки отразились в том числе и в книге «Физическая теория. Ее цель и строение», которая начала выходить отдельными выпусками в 1904 г., вызвав немалый интерес в научной среде. Спустя 6 лет книга была переведена в России.

4358 ID 41876

9 785484 006663 >

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Тел./факс: 7 (495) 135–42–16
Тел./факс: 7 (495) 135–42–46



E-mail: URSS@URSS.ru
Каталог изданий в Интернете: http://URSS.ru

Любые отзывы о настоящем издании, а также обнаруженные опечатки присылайте по адресу URSS@URSS.ru. Ваши замечания и предложения будут учтены и отражены на web-странице этой книги в нашем интернет-магазине http://URSS.ru